T.P.T. Contents

Physikalische Zeitschrift

begründet von E. Riecke und H. Th. Simon

vereinigt mit dem

Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik

begründet von Johannes Stark

Herausgeber:

Prof. Dr. P. Debye, Prof. Dr. F. Harms und Prof. Dr. R. Seeliger

Die Physikalische Zeitschrift erscheint monatlich zweimal im Umfange von zwei bis vier Bogen und wird vierteljährlich für Goldmark 11.– postfrei geliefert. Für das Ausland beträgt der Preis $ 3.– vierteljährlich. Bestellungen nehmen jede Buchhandlung sowie die Verlagsbuchhandlung entgegen. Anzeigen werden für die einmal gespaltene Millimeterzeile mit Goldmark –.25, Beilagen mit Goldmark 60.– berechnet.

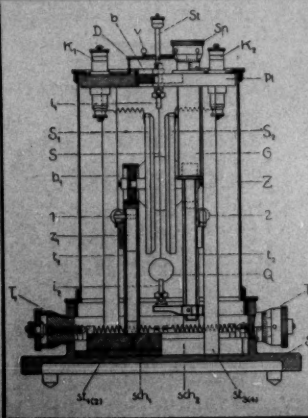
Alle Manuskripte und darauf bezügliche Zuschriften sind an Prof. Dr. F. Harms, Würzburg, Bismarckstr. 1, zu senden, mit Ausnahme der zusammenfassenden Berichte, deren Redaktion Prof. Dr. R. Seeliger, Greifswald, Leitzerstr. 43, führt. Büchersendungen und Anzeigen-Aufträge direkt an den

Verlag von S. Hirzel in Leipzig, Königstraße 2.

No. 24. Leipzig, 15. Dezember 1924. No. 676. Printed in Germany. 25. Jahrgang.

Phys.-mech. Institut von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn,

München.



Saiten-Elektrometer

nach Lutz-Edelmann (neue Form).

C. W. Lutz, Physik. Zeitschrift, 24. Jahrgang. 1923. Seite 166–170.

Katalog 30, Spezialliste No. 32 über Saitengalvanometer und Registrierapparate, Spezialliste No. 31 über einfache Präzisionsschulapparate gratis und franko.

Mit einer Beilage von Theodor Steinkopff in Dresden, betreffend: W. Georgii, Wettervorhersage.

Eingegangene Bücher.

(Eingehende Besprechung vorbehalten. Rücksendung nicht besprochener Bücher erfolgt in keinem Falle.)

Bryk, E., Experimentalphysik. 6. Aufl. Bearb. v. J. Regler. (Breitensteins Repetitorien Nr. 35.) 8°. VI u. 162 S. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 1924. M. 3.90.

Czochralski, J., Moderne Metallkunde in Theorie und Praxis. 8°. XIII u. 292 S. Mit 298 Textabb. Berlin, Julius Springer. 1924. Gebunden M. 12.—.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. Bd. III. 8°. III u. 404 S. Mit 100 Abb. Berlin, Julius Springer. 1924. Geh. M. 18.—, geb. M. 19.20.

Findlay, A., Einführung in die Phasenlehre und ihre Anwendungen. (Handbuch der angew. Physik. Chemie, Bd. VI.) 2. Aufl. 8°. X u. 248 S. Mit 158 Fig. Leipzig, Johann Ambrosius Barth. 1925. Gm. 13.—, geb. Gm. 15.—.

Freundlich, H., Kolloidchemie und Biologie. Zugleich 3. Aufl. von Kapillarchemie und Physiologie. 8°. 47 S. Mit 4 Abb. Dresden u. Leipzig, Theodor Steinkopff. 1924. M. 2.—.

Gauß' Werke. Elfter Band, Zweite Abteilung, 1. Abhandlung: Halle, A., Über die geodätischen Arbeiten von Gauß. 4°. 165 S. Berlin, Komm.-Verlag v. Julius Springer. 1924.

Georgii, W., Wettervorhersage. (Wiss. Forsch.-Ber. Naturw. Reihe, Bd. XL.) 8°. VIII u. 114 S. Mit 58 Abb. Dresden u. Leipzig, Theodor Steinkopff. 1924. M. 4.50.

Günther, P., Tabellen zur Röntgenspektralanalyse. 8°. IV u. 61 S. Berlin, Julius Springer. 1924. Gm. 4.80.

Haas, A., Atomtheorie in elementarer Darstellung. 8°. VIII u. 204 S. Mit 56 Fig. u. 2 Tafeln. Berlin u. Leipzig, W. de Gruyter & Co. 1924. Geh. M. 5.40, geb. M. 6.80.

Herz, N., Allgemeine Theorie zentrierter Linsensysteme. 8°. IV u. 68 S. Leipzig u. Wien, F. Deuticke. 1924. M. 5.—.

Jakob, M. u. S. Erk, Der Druckabfall in glatten rohen und die Durchflußziffer von Normaldüsen. (Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingenieurwesens H. 267.) 8°. 28 S. Mit 14 Zahlentafeln u. 17 Fig. Berlin, DI-Verlag. 1924. M. 4.—.

Jovitchitch, M. Z., Über den Wert der Relativitätstheorie Einsteins. 8°. 30 S. Wien-Leipzig, Hölder-Pichler-Tempsky A.-G., G. Freytag, G. m. b. H. 1924. G.-M. 1.—.

Kamerlingh-Onnes, H., Fourth international Congress of Refrigeration, London June 1924. Reports and Communications. 8°. Leiden, E. Ijdo. 1924.

Kähler, K., Die Elektrizität der Gewitter. (Sammlung Borntraeger Bd. 3). 8°. 148 S. Mit 9 Abb. Berlin, Gebr. Borntraeger. 1924. Geb. Gm. 4.50.

Kiebitz, F., Drahtlose Telegraphie und Telephonie. (Bücherei der Volkshochschule, Bd. 51). kl. 8°. 127 S. Mit 70 Abb. Bielefeld und Leipzig, Velhagen & Klasing. 1924. Kart. Gm. 1.50.

Koertz, A., Atmosphärische Störungen an der drahtlosen Nachrichtenübermittlung. (Die Hochfrequenztechnik in Einzeldarstellung Bd. 1.) 8°. Berlin, M. Krayn, 1924. M. 10.—.

Lietzmann, W., Methodik des mathematischen Unterrichts. III. Teil. (Handb. d. naturw. u. math. Unterr. VII, 3.) 8°. XI u. 234 S., Mit 4 Taf. u. 50 Fig. i. Text. Leipzig, Quelle & Meyer. 1924. Geb. M 10.—.

Nernst, W., Die theoretischen und experimentellen Grundlagen des neuen Wärmesatzes. 8°. VIII u. 232 S. 2. Aufl. (Manuldruck). Halle (Saale), Wilhelm Knapp. 1924. Geh. M. 12.—, geb. M. 13.50.

Neuburger, M. C., Kristallbau und Röntgenstrahlen. 8°. VI u. 110 S. Mit 10 Abb. S.-A. a. Samml. chem. u. chem.-techn. Vorträge Bd. 27. Stuttgart, F. Enke. 1924. M. 4.—.

Ollivier, H., Travaux pratiques de Physique générale. 8°. 102 S. Mit 63 Fig. u. 5 Tafeln. Paris, Librairie Scientifique J. Hermann. 1924. Frcs. 12.—.

Schwerdt, H., Lehrbuch der Nomographie. 8°. VIII u. 267 S. Mit 137 Textabb. u. 151 Aufgaben mit Lösungen. Berlin, Julius Springer. 1924. Geb. 12.90.

Zimmermann, H., Zur Relativitätstheorie. 8. VIII u. 52 S. Mit 6 Bildern. Berlin, Wilhelm Ernst & Sohn. 1924. M. 2.70.

S. HIRZEL IN LEIPZIG

C. Runge
o. Prof. a. d. Univers. Göttingen

Vektoranalysis

Band I: Die Vektoranalysis des dreidimensionalen Raumes. VIII u. 196 S. Groß-8°. 1919.

Preis: Gm 5.—, $ 1.20, geb. Halbleinen Gm. 7.—, $ 1.65.

Band II befindet sich in Vorbereitung.

Runges Darstellung ist meisterhaft. Die beiden ersten Kapitel behandeln die Vektoren und Plangrößen nebst den Regeln zu ihrer Differentiation und Integration. Das äußere und das vektorielle Produkt werden sauber unterschieden, Ergänzung eines Vektors und Ergänzung einer Plangröße werden eingeführt, desgleichen der Nabla-Vektor und seine Ergänzung. Der Graßmannsche Gedanke wird zur Geltung gebracht. Das dritte Kapitel handelt von den Tensoren und dürfte ganz besonderer Beachtung sicher sein. Das Buch kann Mathematikern sowohl wie Physikern und Technikern aufs angelegentlichste empfohlen werden.

(Elektrotechnische Zeitschrift.)

Präzisionsinstrumente
(registrierend und nicht registrierend)
für
Luftdruck
Temperatur
Windmessung
Sonnenschein
Niederschlag
Wasserstands-beobachtung

R. FUESS
BERLIN-STEGLITZ

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

No. 24. 15. Dezember 1924. Redaktionsschluß für No. 2 am 5. Januar 1925. 25. Jahrgang.

INHALT:

A. Kalähne, Dem Andenken an Georg Quincke. S. 649.

Originalmitteilungen:

J. R. Katz, Die Bedeutung der Röntgenspektrographie für die Quellungsprobleme. S. 659.

K. Lichtenecker, Über eine Analogie im Verhalten leitender und nichtleitender Mischkörper. S. 666.

Vorträge und Diskussionen von der 88. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Innsbruck:

H. Liebster u. L. Schiller, Kinematographische Messungen der Fallbewegung von Kugeln in zäher Flüssigkeit, auch in nächster Nähe einer Wand. S. 670.

W. Schottky, Vorführung eines neuen Lautsprechers. I. S. 672.

E. Gerlach, Vorführung eines neuen Lautsprechers. II. S. 675.

R. Fürth, Dielektrizitätskonstanten guter Leiter. S. 676.

H. Bongards, Messungen des Gehalts der Luft an radioaktiven Zerfallsprodukten vom Flugzeug aus. S. 679.

V. Oberguggenberger, Erdstrombeobachtungen im Gebirge. S. 682.

A. Wigand, Luftelektrische Untersuchungen bei Flugzeugaufstiegen. S. 684.

L. Vegard, Das Nordlichtspektrum und die höheren Atmosphärenschichten. S. 685.

M. Berek, Demonstration einiger Photogramme zur Theorie der optischen Abbildung. S. 689.

Besprechungen:

W. Kohlhörster, Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre. S. 690.

R. Courant u. S. Hilbert, Methoden der mathematischen Physik. S. 691.

Czapski-Eppenstein, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. S. 691.

E. Marx, Röntgenstrahlen, Radium und die Materie. S. 691.

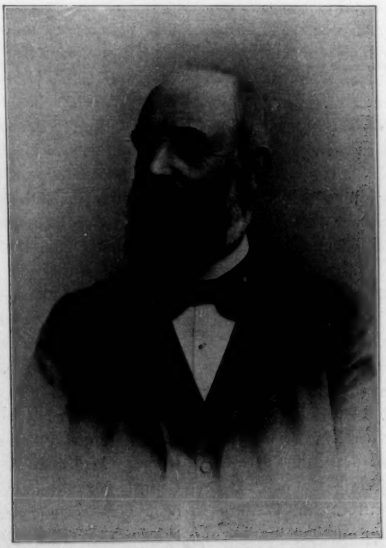
H. Poincaré, La Mécanique Nouvelle. S. 692.

P. Günther, Tabellen zur Röntgenspektralanalyse. S. 692.

Personalien. S. 692.

Dem Andenken an Georg Quincke.

Von Alfred Kalähne.



Der Nestor der deutschen Physiker, Georg Hermann Quincke, ist am 13. Januar dieses Jahres im neunzigsten Lebensjahre von uns geschieden, dem jüngeren Geschlecht schon ferngerückt, den Älteren von uns bekannt als eine der ausgeprägtesten Persönlichkeiten der wissenschaftlichen Welt, von wenigen der Alten vielleicht noch gekannt als kraftstrotzende Gestalt im reifen Mannesalter, wo er als einer der anregendsten Lehrer und Forscher galt. Sein Bild hier zu zeichnen soll meine Aufgabe sein.

Es ist nicht ganz leicht, dem jetzigen Geschlecht das wissenschaftliche Wirken dieses Mannes klarzulegen, dessen Vorstellungs- und Denkweise in vielem von der modernen grundverschieden war, die daher auch manchmal mit ihr in Zwiespalt geriet. Und doch sind bei tieferem Eingehen Anklänge an modernste Gedankengänge, ja solche Gedankengänge selbst bei ihm zu finden, und seine

ganze Art zu arbeiten, die Probleme anzupacken, zeigt besonders in seinen jüngeren Jahren mehr Verwandtschaft mit modernster Art, als vielfach angenommen wird. Leicht aber wird es für jeden, der Gelegenheit hatte, längere Zeit mit Quincke zu verkehren, den Menschen zu schildern; denn offen lag sein Wesen da. Keine von gesellschaftlicher Konvention gewobenen Hüllen verdeckten es, keine Absonderlichkeiten, wie man sie so gern bedeutenden, etwas abseits vom gewöhnlichen Wege gehenden Menschen nachsagt, störten es und hinderten den freien Einblick in das harmonische, in sich gefestigte Gefüge des Geistes und der Seele dieses Mannes. Was etwa den Fernerstehenden ungewöhnlich oder absonderlich an ihm erschien, das war nicht in den rein menschlichen Eigenschaften, sondern in seiner Art der wissenschaftlichen Arbeit und Denkweise zu finden. Dazu gehört besonders das bis zum äußersten getriebene Streben, alle minder wichtigen Arbeiten mit einfachsten und billigsten Mitteln auszuführen, ein Streben, dem die Ausarbeitung eines ganzen Systems einfachster, anderswo unbekannter Apparate entsprang, die im physikalischen Praktikum, ja gelegentlich auch bei wissenschaftlichen Messungen angewandt wurden. Dazu gehört auch sein unentwegtes Festhalten an gewissen Vorstellungen, die er sich über die Natur gebildet hatte, besonders über die Struktur der Materie, die von den üblichen so außerordentlich abwichen. Von diesen Dingen soll aber noch an späterer Stelle die Rede sein.

Quinckes Lebenslauf, sowohl der wissenschaftlich-berufliche, wie auch der bürgerliche und familiäre, ist ein selten glücklicher gewesen. Der einzige wirklich schwere Schlag, der ihn getroffen hat, ist wohl der Tod des ältesten seiner drei Enkel gewesen, der 1914 als Kriegsfreiwilliger bei Neuve Chapelle an der Westfront im Weltkrieg fiel. Seine nächsten Verwandten bestätigen mir die Tatsache eines sehr glücklichen Privatlebens, und für das berufliche Leben zeugen die schon im frühen Mannesalter beginnenden Berufungen auf verschiedene Lehrstühle, die Ernennungen zum Mitglied gelehrter Gesellschaften und Akademien, seine Wahl in den Vorstand mehrerer von ihnen. Hervorgehoben werden muß allerdings, daß er besonders in den ersten Jahren seiner Lehr- und Forschertätigkeit infolge Fehlens eines richtigen Laboratoriums, als dessen Ersatz er seine Wohnung nehmen mußte, nicht gerade ein bequemes Leben führte; aber er konnte sich — was gewiß hoch anzuschlagen ist — ohne eigentliche Sorgen und ohne Ablenkung durch Nebenarbeiten ungestört seiner Haupttätigkeit widmen.

Geboren ist Quincke am 19. November 1834 in Frankfurt a. d. Oder, wo sein Vater, der einer westfälischen Familie entstammte, praktischer Arzt war. Seiner Mutter Marie, geb. Gabain, aus einer französischen Emigrantenfamilie stammend, verdankt er wohl den heiteren Grundzug seines Wesens und die Neigung zur Kunst, das Bestreben, alles um sich „ein bischen hübsch zu machen", sogar die einfachen Apparate des Laboratoriums. Von seinem Vater hatte er die große kraftvolle Gestalt geerbt; er verfügte über bedeutende Körperkräfte. Und gerade diese in Verbindung mit außerordentlicher Ruhe, Sicherheit und Feingefühl der Hand befähigten ihn, mit ganz primitiven, aus einfachsten Elementen zusammengebauten Apparaten feine Untersuchungen auszuführen, wozu andere die Hilfsmittel der Präzisionsmechanik, wie Schrauben zur Feineinstellung und dergl., unbedingt brauchen.

Im Jahre 1843 zogen die Eltern nach Berlin — der Vater wurde hier später Geheimer Medizinalrat —, und der junge Georg, der älteste von fünf Brüdern, erhielt hier seine Schulausbildung auf dem Friedrich-Werderschen-Gymnasium. 1852

verließ er die Schule mit dem Zeugnis der Reife und begann das Studium der Physik, das er an den Universitäten Königsberg (besonders unter F. E. Neumann), Berlin (Mitscherlich, Kummer, Magnus) und Heidelberg (G. Kirchhoff, Bunsen) durchführte. Seine ersten veröffentlichten Arbeiten stammen aus jener Heidelberger Studienzeit, eine chemische (Gesteinsanalyse) bei Bunsen und eine physikalische bei Kirchhoff ausgeführte (Verlauf der elektrischen Stromlinien in einer rechteckigen Metallplatte und Brechung derselben an der Grenze zweier Leiter, am Stromlinienverlauf in einer halb aus Kupfer, halb aus Blei bestehenden Platte nachgewiesen). In Berlin fand dann 1858 die Promotion zum Dr. phil. statt auf Grund einer später auch in Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie erschienenen Arbeit über die Kapillarkonstanten des Quecksilbers (de constantibus Mercurii capillaribus), in der er aus der Größe und Gestalt von Quecksilbertropfen auf einer ebenen Unterlage die Kapillarkonstante bestimmte nach Formeln, die er aus der Theorie entwickelte. Diese Arbeit war für ihn der Wegweiser in eins der Gebiete, die er in seiner weiteren Forschertätigkeit mehrfach behandelt hat, vielleicht kann man sagen, sein Lieblingsgebiet. Die ganze Untersuchung, die Anlage und die Art der Durchführung ist charakteristisch für Quincke. Genau dieselbe Art und Weise finden wir in allen späteren Arbeiten: die Anwendung einfacher Methoden, äußerst geschickte Ausnutzung der experimentellen Hilfsmittel, das Streben nach Sicherstellung und Kontrolle der gewonnenen Ergebnisse durch Benutzung verschiedener Meßmethoden am gleichen Objekt.

Ein Jahr später (21. Juni 1859) habilitierte sich Quincke fünfundzwanzigjährig an der Berliner Universität als Privatdozent für Physik. Eine besondere Habilitationsschrift ist nicht vorhanden; die vorhergehenden Veröffentlichungen und die sonstigen wissenschaftlichen Leistungen des jungen Gelehrten wurden offenbar für ausreichend gehalten. Das in ihn gesetzte Vertrauen rechtfertigte er bald durch Veröffentlichung ausgezeichneter Arbeiten aus verschiedenen Gebieten. Die erste behandelte 1859 seine Entdeckung der Diaphragmenströme, d. h. der elektrischen Strömung, die entsteht, wenn man eine elektrisch-neutrale Flüssigkeit durch ein ungeladenes Diaphragma hindurchpreßt. Quincke wies nach, daß der hierbei auftretende elektrische Strom seine Ursache in den an der Grenze zweier verschiedener Körper immer vorhandenen Ladungen besitzt, die an den Körperteilchen haften und mit dem Flüssigkeitsstrom fortbewegt werden. Die Umkehr der Erscheinung ist die Fortführung körperlicher Teilchen in einer Flüssigkeit durch den elektrischen Strom, wenn er durch ein Diaphragma fließt. Auch diese hat Quincke ausführlich 1861 behandelt, und ist später, 1871, von anderen Gesichtspunkten aus (Elektrizitätsleitung in Flüssigkeiten und Elektrolyse) noch einmal darauf zurückgekommen. Will man den Wert jener Arbeiten richtig einschätzen, so muß man sich vergegenwärtigen, daß sie in der damaligen wissenschaftlichen Welt ungefähr das Aufsehen erregten, wie in neuerer Zeit die Entdeckung der Röntgenstrahlen oder die ersten Hertzschen Arbeiten über elektrische Wellen, wenn sie auch für die Weiterentwicklung nicht die grundlegende Bedeutung hatten wie diese.

Die folgenden Arbeiten führen in das Gebiet der Optik, mit dem sich Quincke nun genau ein Jahrzehnt beschäftigt hat; sie sind, abgesehen von einigen Veröffentlichungen in den Berliner Akademieberichten, in fortlaufender Reihe als „Optische Experimentaluntersuchungen“ in Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie erschienen. Mit staunenswerter Rührigkeit und bewunderungswürdigem Fleiße hat er in ihnen wohl alle erdenklichen Erscheinungen verfolgt, die bei irgendeiner Beeinflussung

des Ganges der Lichtstrahlen auftreten können, Brechung, Beugung, Eindringen und Absorption, Reflexion, Interferenz getrennter und verschieden behandelter Lichtbündel, immer mit einem bestimmten Ziele, sei es um die Ergebnisse der Rechnung zu prüfen, wie bei der ersten Arbeit über die astigmatischen Kummerschen Strahlenbündel, sei es um gewisse allgemeine Fragen der optischen Theorien zu entscheiden, z. B. die Frage, ob die Schwingungen der Ätherteilchen eines linear polarisierten Lichtstrahles parallel oder senkrecht zur Polarisationsebene erfolgen, sei es um eigene besondere Vorstellungen vom Wesen dieser Erscheinungen zu prüfen, z. B. über das Eindringen des Lichtes in Metalle. Der Zeit entsprechend bewegen sich alle Gedankengänge im Bannkreis der mechanischen Lichttheorie, was natürlich nicht auf die Versuchsergebnisse als solche, wohl aber auf ihre Deutung vielfach von Einfluß ist. Die elektromagnetische Lichttheorie, wie überhaupt die ganze moderne Faraday-Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Magnetismus lagen damals noch ziemlich fern; und Quincke ist trotz seiner Bewunderung Faradays und seiner Hinneigung zu englischen Physikern, wie William Thomson und anderen, in diesen Anschauungen nie recht heimisch geworden, vielleicht deshalb, weil die sehr mathematische Einkleidung der von Faraday entwickelten Vorstellungen durch Maxwell und die immer stärkere Betonung der formalen mathematischen Behandlungsweise, z. B. in der Vektorrechnung, seiner intuitiven Arbeits- und Denkweise gar nicht entsprachen. Er hat niemals in seinen Arbeiten große theoretische Untersuchungen mathematischer Natur ausgeführt. Die mathematischen Teile sind eigentlich durchweg nur die praktische Auswertung von Formeln, die von einer Theorie geliefert sind und ihre Anwendung auf besondere Fälle finden. Wo elektrische und magnetische Theorien in Quinckes Arbeiten hineinspielen, sind es stets die anschaulichen einfachen Faradayschen Formen, nicht die moderne mathematische Weiterentwicklung derselben. Er hielt auch nicht allzuviel von modernen Theorien, die ja meist in streng mathematischem Gewande auftreten. Sein Intuitionsvermögen befähigte ihn aber, in vieles ohne mathematische Analyse einzudringen und in kühnem Gedankenfluge auch steile theoretische Höhen zu erreichen. So erinnere ich mich, daß er — schon in späteren Jahren, etwa 1907 muß es gewesen sein, als ich Assistent bei ihm war — in einem physikalischen Kolloquium aus dem Stegreif Ansichten über die Entstehung der verschiedenen Linien einer Spektralserie entwickelte, die — abgesehen vom Fehlen des die quantitativen Beziehungen regelnden Bohrschen Prinzips — sehr nahe an die modernsten Vorstellungen hierüber heranreichten.

Kehren wir nach dieser Abschweifung wieder zurück zur Forscher- und Lehrtätigkeit Quinckes in der Zeit um 1870. Ich sehe absichtlich von der Besprechung und Bewertung einzelner Arbeiten ab, da hierzu der knappe Raum dieses Aufsatzes nicht entfernt hinreicht und nur ein sehr unvollkommenes Bild entstehen würde. Eine der Haupterrungenschaften dieser optischen Untersuchungen möge aber erwähnt werden: die einwandfreie Feststellung, daß der optische Brechungsexponent von Silber und einigen anderen Metallen für gewisse Strahlen des sichtbaren Spektrums kleiner als 1, die Lichtgeschwindigkeit in ihnen also größer als im Vakuum oder freien Äther ist. Von besonderem Werte sind auch die in diese Untersuchungsreihen fallenden Versuche über Totalreflexion, die über das Eindringen des Lichtes in das reflektierende Medium Aufschluß geben sollten.

Neben der Forschertätigkeit hat Quinckes Lehrtätigkeit schnell Anerkennung gefunden. Noch im Jahre der Habilitation (1859) war er Lehrer der Physik an der Gewerbeakademie in Berlin, der späteren

Technischen Hochschule geworden, eine Stellung, die er bis 1872 innegehabt hat. Daneben erhielt er 1862 für mehrere Jahre den Lehrauftrag für Physik und Chemie an der Bauakademie und las über mathematische Physik an der Universität; es war also eine sehr umfangreiche Lehrtätigkeit, die er ausübte und die viel Zeit und Kraft in Anspruch nahm, zumal da er kein staatliches Laboratorium zur Verfügung hatte und die Apparate zur Vorlesung jedesmal aus seiner Wohnung, die zugleich Laboratorium war, nach den Hörsälen schaffen mußte. Im Jahre 1865 erfolgte eine weitere Anerkennung durch Übertragung einer außerordentlichen Professur für Physik an der Universität Berlin, womit aber die Lehrtätigkeit an der Gewerbeakademie keineswegs beendet war. Sie fand ihren Abschluß erst im Jahre 1872 durch Quinckes Berufung an die Universität Würzburg als ordentlicher Professor und Nachfolger von Kundt, der an die neugegründete Reichsuniversität Straßburg im Elsaß ging. Während seiner Berliner Zeit hatte er sich in hohem Maße die Wertschätzung und Anerkennung zahlreicher Schüler erworben, die seinen klaren, lebendigen und fesselnden Vorträgen zugeströmt waren. Die letzte Zeit seit 1870 war noch dadurch ausgezeichnet, daß er nach dem Tode des Ordinarius der Physik an der Universität, Professor Magnus, auch das von diesem gegründete physikalische Kolloquium leitete.

Die Berliner Zeit war auch noch in anderer Hinsicht bedeutungsvoll für Quincke; während ihr gründete er 1863 seine Familie durch Heirat mit der Tochter Rebecca, des als Verfasser der Lehre von der Reibungselektrizität bekannten Physikers Peter Rieß. Ein glückliches Familienleben hat beide bis ins höchste Alter vereinigt; sie konnten mit ihren Kindern und Enkeln — ein Sohn und eine Tochter entstammten der Ehe — 1913 die goldene, 1923 die diamantene Hochzeit feiern. Wenige Monate nach dem Tode des Gatten — im August 1924 — ist ihm seine Lebensgefährtin in die Ewigkeit gefolgt. Ein harmonisches Zusammenleben fand damit seinen Abschluß, ein auf gegenseitiges Verstehen gegründetes Zusammenarbeiten, das zweifellos viel zur Stärkung seiner Schaffenskraft beigetragen hat.

Mit der Übersiedlung nach Würzburg im Jahre 1872 beginnt Quinckes süddeutsche Zeit; er hat zwar niemals den Norddeutschen, insbesondere den richtigen Berliner im guten Sinne, der er in früher Jugend geworden war, verleugnen können, und auch gewiß nicht verleugnen wollen; aber die sonnige, frohe Natur des süddeutschen Landes hat auch ihn wie wohl alle, die vom Norden dorthin kommen, mit ihrer Wärme und Heiterkeit erfüllt und seinem Wesen zu der ihm ursprünglich eigenen Gemütlichkeit noch etwas von heiterer Leichtigkeit hinzugefügt. Quincke liebte frohe Geselligkeit und wurde darin von seiner Gattin und später — in Heidelberg — besonders von seiner Tochter mit ihrem außerordentlich lebendigen Wesen aufs glücklichste unterstützt. Die Zusammenkünfte und Feste im Quinckeschen Hause gehörten zu den Glanzpunkten des dortigen gesellschaftlichen Lebens.

Die Berufung nach Würzburg hatte ihm im Alter von 37 Jahren die Stellung eines Ordinarius und Hauptvertreters seines Faches gegeben, nachdem er in den sechziger Jahren Rufe nach Zürich und Marburg erhalten und abgelehnt hatte, denen später in den siebziger Jahren noch ein Ruf an das Astrophysikalische Observatorium in Potsdam, ebenfalls von ihm abgelehnt, folgte. Der Würzburger Aufenthalt dauerte jedoch nur 3 Jahre, bis 1875. In diesem Jahre bekam er den ehrenvollen Ruf an die Universität Heidelberg als Nachfolger seines berühmten, nach Berlin berufenen ehemaligen Lehrers Gustav Kirchhoff. Damit beginnt der letzte große Abschnitt seines Lebens; Hei-

delberg ist er bis zum Ende seines Lebens treu geblieben.

Die letzten Berliner Jahre hatten neben den optischen Arbeiten noch eine Arbeit über einen Interferenzapparat für Schallwellen (Quinckesche Interferenzröhre) gebracht, sowie Untersuchungen über das Gebiet, das er schon mit seiner Dissertation betreten hatte, und das wohl recht eigentlich als sein Lieblingsgebiet bezeichnet werden kann, die Kapillarität. Diese Arbeiten sollen im Zusammenhang mit seinen späteren besprochen werden.

Und nun Quinckes Heidelberger Zeit! Von 1875 bis Oktober 1907 hat er als Ordinarius der Physik im physikalischen Institut der Universität, dann bis 1924 im Ruhestande im eigenen Hause gearbeitet, in dem er sich ein kleines Laboratorium nach seinem Geschmack eingerichtet hatte. Eine große wissenschaftliche Bibliothek und eine reichhaltige Sammlung guter, zum Teil kostbarer Apparate ermöglichten ihm hier, auch nach dem Ausscheiden aus dem Lehramte ohne Hilfe staatlicher Mittel seine Untersuchungen weiterzuführen und bis kurz vor seinem Tode — die letzte mir bekannte Veröffentlichung im 33. Band der Kolloid-Zeitschrift stammt aus dem Jahre 1923, also dem 89. Lebensjahre — wissenschaftlich tätig zu sein. Naturgemäß aber ist seine Hauptwirksamkeit in den Jahren bis zu seiner Emeritierung (1907) zu suchen. Als Lehrer wie als Forscher hat er in eigenartiger, von der gewöhnlichen Form vielfach abweichender Weise gewirkt. Allen, die unter ihm in Heidelberg gearbeitet oder studiert haben, wird das Physikalische Institut im Friedrichsbau, einem größeren Gebäude ziemlich am Anfang der Hauptstraße, das auch noch das Mineralogische Institut, das Mathematische Seminar und den Hörsaal und in dem daneben im Garten liegenden Gebäude das Anatomische Institut beherbergte, unverlöschlich im Gedächtnis haften. Ein Institut im modernen Sinne mit allen technischen Einrichtungen war es nicht; Quincke hatte es von seinem Vorgänger Kirchhoff übernommen und im wesentlichen unverändert in seiner einfachen Form belassen. Auch die Art des Unterrichts, insbesondere das alle Woche einmal für Fortgeschrittene stattfindende physikalische Seminar neben der allgemeinen fünfstündigen Experimentalvorlesung hatte er beibehalten. Ein Praktikum, für alle Studierenden, wie es jetzt üblich ist, gab es anfangs nicht. Erst Ende der achtziger Jahre wurde es eingerichtet. Und die Einrichtung dieses Praktikums ist eine der originellsten Taten Quinckes, die seinen Namen auch Fernerstehenden bekannt gemacht hat. Die einfache Form der dabei benutzten und meist selbst hergestellten Apparate, die von vielen als übertrieben, ja sogar gesucht bezeichnet wird, hat ihren Ursprung einesteils in der Knappheit der zur Verfügung stehenden Geldmittel, anderseits aber in der aus Quinckes Natur fließenden Vorliebe für einfachste experimentelle Mittel. Er hat hier geradezu vorbildlich gewirkt und gezeigt, wie man mit überall zur Verfügung stehendem Material (Glasplatten, Korke, Holz, Siegellack und anderen Klebemitteln, wie Wachs, Kolophoniumkitt, nebst dem unumgänglich nötigen Zubehör an Leitungsdraht, Kautschuckschlauch, Glaslinsen, Prismen usw.) Apparate herstellen kann, die ziemlich hohen Ansprüchen an Genauigkeit genügen, ja die in der Hand geübter Experimentatoren teilweise dasselbe leisten, wie teure aus Metall hergestellte Apparate mechanischer Werkstätten. Ihr nicht zu unterschätzender Vorzug ist neben dem billigen Preis und der leichten Herstellbarkeit die Durchsichtigkeit ihres Aufbaues, wodurch sie für Lehrzwecke sehr wertvoll werden. Quinckes Schüler, mindestens diejenigen, die selbständig urteilen können — und auf diese, nicht auf die große Menge kommt es doch wohl immer an —, haben das wohl alle anerkannt und den Nutzen, den ihnen

das Bekanntwerden mit dieser Quinckeschen physikalischen Werkstätte gebracht hat, hoch angeschlagen. Man kann getrost sagen, daß gerade die neueste Zeit mit ihrem Streben nach Selbstherstellung einfacher Apparate — ich denke insbesondere an die gerade jetzt moderne Anfertigung von eigenen Rundfunk-Empfangsapparaten — dieser Quinckeschen Art der physikalischen Technik mehr Verständnis entgegenbringt als vergangene Zeiten. Sie hat außerordentliche Vorzüge, wenn sie nicht einseitig wird, vielmehr durch Bereitstellung auch nichtbehelfsmäßiger Apparate zu Unterrichtszwecken die Handhabung auch dieser dem Lernenden vermittelt wird. In solchem Sinne muß man das Quinckesche von einem Spötter in Anlehnung an die Bezeichnung Zentimeter-Gramm-Sekunden-System einmal scherzweise Glas - Kork - Siegellack - Pfennig - System genannte System bewerten, um der Arbeit seines Schöpfers gerecht zu werden. Seine eigene Veröffentlichung hierüber im Jahre 1892 in der „Zeitschrift für den physikalischen Unterricht" ist außerordentlich lesenswert und bietet viele Anregungen. Eine schöne Würdigung hat Quinckes Laboratorium von einem seiner englischen Schüler, E. H. Stevens, in der englischen Zeitschrift Nature gefunden.

Die wissenschaftlichen Arbeiten der Heidelberger Zeit bewegen sich zunächst auf dem Gebiet der Kapillarität; sie sind die Fortsetzung der Berliner Arbeiten. Die Dissertation hatte zum Ziel die Bestimmung der Kapillarkonstanten aus der Gestalt liegender Tropfen gehabt; die Messungen hatten gezeigt, daß einer einwandfreien Feststellung dieser Größe ihre Veränderlichkeit mit der speziellen Oberflächenbeschaffenheit (Reinheit der Oberfläche!) hindernd im Wege steht. Schaffung reiner Oberflächen, beispielsweise durch Erneuerung der jeweiligen Oberfläche vor der Messung, wird daher das Ziel der weiteren Arbeiten. Am besten wird es bei den dynamischen Methoden erreicht, bei denen die Oberfläche in Bewegung ist und sich dabei immer erneuert. Nichtsdestoweniger sind auch bei diesen vielfach von anderer Seite angewandten Methoden die Ergebnisse nicht so übereinstimmend, wie man erwartete, und immer wieder hat Quincke versucht, durch Verbesserung der Methoden, besonders durch Beschleunigung der Messung, den Einfluß der zeitlichen Änderung, die fast immer in einer Verkleinerung des Wertes der Kapillarkonstante besteht, unschädlich zu machen. Er hat die verschiedenen teils von ihm selbst, teils von anderen ersonnenen Meßmethoden auf eine ungeheure Zahl von Stoffen, sowohl einheitliche, als auch zusammengesetzte, wie Lösungen, angewandt. Auch auf feste Körper dehnte er das Verfahren aus, indem er die betreffenden Stoffe in geschmolzenem Zustande Tropfen bilden ließ, die dann erstarrten. Bei Flüssigkeiten untersuchte er den Einfluß von Beimischungen, bei Lösungen die Abhängigkeit von der Konzentration, wie immer in zahlreichen Variationen. Randwinkelmessungen, Beobachtung über die Ausbreitung von Flüssigkeiten auf festen Körpern vervollständigten das sehr umfangreiche von ihm darüber angesammelte und veröffentlichte Beobachtungsmaterial. Quincke war auf diesem Gebiete zu Hause wie kein zweiter; es war, kann man sagen, seine Domäne. Vielleicht hat er manchmal einseitig geurteilt und fremde Arbeiten sehr scharf kritisiert, schärfer als nötig war; aber sein eigenes Verdienst um das Gebiet bleibt ungeschmälert und unbestritten. Zu bedauern war es vielleicht, daß so bedeutende Geisteskraft und Arbeit auf ein Gebiet verwandt worden ist, das von sehr vielen als minder wichtig angesehen wurde und wird, so daß diese Leistung nicht ganz die gebührende Einschätzung findet.

Es war aber keineswegs sein einziges Arbeitsgebiet. Er hat in Heidelberg, von 1880 angefangen, eine Reihe großer Arbeiten unter der gemeinsamen Bezeichnung

„Elektrische Experimentaluntersuchungen" veröffentlicht, die eine außerordentlich große Menge wertvoller Beobachtungen bergen. Das mechanische und optische Verhalten zahlreicher Stoffe im elektrischen und magnetischen Feld ist ihr Hauptinhalt. Um nur einiges herauszugreifen: Die elektrische Anziehung geladener Leiter in verschiedenen Dielektrika, gemessen durch ein sinnreiches Wägungsverfahren mit als bewegliche Kondensatorplatten ausgebildeten Wagschalen, die Volumenänderung eines Dielektrikums unter dem Einfluß starker elektrischer Kräfte (Elektrostriktion), die hydrostatischen Druckkräfte in elektrischen und magnetischen Feldern (magnetisches Manometer), Nachprüfung der von Kerr entdeckten elektrischen Doppelbrechung in Flüssigkeiten und andres. Dazu kamen akustische Arbeiten, insbesondere Ausarbeitung akustischer Methoden zur Messung der Schallgeschwindigkeit in Röhren; Aufgaben, die er zum Teil seinen Schülern und Mitarbeitern zuwies. Gerade für die akustischen Arbeiten hat Quincke großes Interesse gezeigt, obwohl er im landläufigen Sinne ganz unmusikalisch war, so daß das Gebiet der Töne nur wenig Reiz für ihn haben konnte.

Die letzten Jahre oder eigentlich Jahrzehnte sind aber ausgefüllt mit Arbeiten, die alle dem Gebiet der Kapillarität angehören, mindestens eng mit ihm zusammenhängen. Sie erhalten mehr und mehr den Stempel der eigenartigen Vorstellungen Quinckes über die Struktur der Materie. Die Beschäftigung mit den Kapillarkräften, die in der Oberflächenspannung dünner Flüssigkeitshäutchen sichtbaren Ausdruck finden, führte ihn zu der Vorstellung, daß überall da, wo irgendwelche Inhomogenität in einem Körper sich zeigt — und das ist eigentlich bei allen Körpern der Fall —, diese Inhomogenität durch Bildung von Zellen bedingt sei, welche von dünnen Flüssigkeitshäutchen begrenzt sind. Das ist seine Theorie der Schaumzellen und Schaumwände, die er nun mehr und mehr ausbaut. Hatte er in früheren Jahren in geistreicher Weise die Größe der Molekularkräfte, die sich in allen Kapillarerscheinungen offenbaren, bestimmt — es sei dabei an den sinnreichen Versuch erinnert, die Wirkungsweite der Molekularkräfte zu ermitteln, indem diejenige kleinste Dicke einer sehr dünnen keilförmigen Jodsilberschicht bestimmt wurde, bei welcher der Randwinkel einer an diese Schicht grenzenden Flüssigkeit (Wasser oder Quecksilber) konstant wird, wo also keine Wirkung der unter der Jodsilberschicht sitzenden Glasunterlage mehr merkbar ist, ein Versuch der zu der Größenordnung 50 $\mu\mu$ führte und wohl die originellste Frucht seiner Berliner Arbeit ist — hatte er also damals diese Kräfte gewissermaßen an bevorzugten Stellen, nämlich an den freien Oberflächen der verschiedenen Körper untersucht, so verlegte er jetzt diese Untersuchungen in das Innere der Körper, die nach seiner Auffassung alle nur scheinbar homogen sind, in Wahrheit aber aus zahllosen heterogenen Elementen aufgebaut sind, und führte als diese Aufbauelemente seine Schaumzellen ein. Indem er diese Vorstellung konsequent auf alles ausdehnte und alle Erscheinungen aus ihr zu erklären suchte, ging er wohl etwas über den Rahmen der strengen, nur auf Tatsachen fußenden Theorien hinaus; andererseits blieb er mit dieser Vorstellung beschränkt auf ein Gebiet gewisser Größenordnung der Dimensionen, unter das er nicht hinabgehen konnte, ohne auf Widersprüche zu stoßen, kurz er verschloß sich damit selbst, ohne es zu wollen, das Gebiet der heute so ergiebigen Molekular- und Atomphysik und kam vielfach mit den Anschauungen anderer Physiker in Konflikt. Es ist schwer zu sagen, welche Beurteilung diese letzten Arbeiten Quinckes später finden werden, und ob die in ihnen enthaltenen Gedankengänge einmal eine Würdigung erfahren werden, die ihnen

zur Zeit ihrer Veröffentlichung nicht mehr zuteil wurde, schon weil die allgemeine Forschungsrichtung eine ganz andere war als die Quinckesche. Schwierig wird es immer bleiben, sich durch die ungeheure Fülle des angesammelten Beobachtungsmaterials hindurchzuarbeiten und sie zu verwerten.

Der hier unternommene Versuch, auf eng umgrenztem Raum eine weit umfassende wissenschaftliche Tätigkeit mit so ausführlicher Berichterstattung über das Beobachtete, wie sie Quincke eigen war, zu besprechen und zu würdigen, kann nur sehr unvollkommen sein und nur ein schwaches Bild von der Arbeitskraft und Regsamkeit des heimgegangenen Forschers geben. Seine wissenschaftlichen Zeitgenossen haben sein Verdienst anerkannt und ihn geehrt durch Verleihung akademischer Würden, sowie durch Wahl in den Vorstand zahlreicher wissenschaftlicher Vereine und durch Berufung als Mitglied in gelehrte Gesellschaften. Er war Mitglied der Akademien und Gesellschaften von Göttingen, London, Berlin, München, Edinburg, Upsala, Brüssel, der Leopoldina in Halle, Ehrendoktor der Universitäten Würzburg, Oxford, Glasgow, Cambridge, Heidelberg. Von wissenschaftlichen Vereinen, denen er angehörte, seien genannt: die Berliner, später Deutsche physikalische Gesellschaft, die Gesellschaft Deutscher Naturforforscher und Ärzte, der Naturhistorisch-medizinische Verein Heidelberg, der Physikalische Verein zu Frankfurt a. Main, die Physical Society of London, die British Association for the Advancement of Science in London, die Royal Institution ebendort. In vielen derselben hat er tätig im Vorstand und in Ausschüssen mitgearbeitet. Auch seiner langjährigen Zugehörigkeit zum Kuratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg ist hier zu gedenken. Überall wo er eine solche ehrenamtliche Tätigkeit übernahm, hat er sie mit äußerster Gewissenhaftigkeit und Aufopferung ausgeübt. Und es waren nicht bloß wissenschaftliche Ehrenämter, sondern auch andere, die ihm das Vertrauen seiner Kollegen und seiner Mitbürger übertrug.

Daß er in seiner langen akademischen Laufbahn auch ein Jahr lang das hohe Ehrenamt eines Rektors der Universität bekleidet hat, ist eigentlich selbstverständlich; daß es gerade im Jahre 1885 geschah, dem Jahr der Vorbereitung für das folgende Jahr der 500jährigen Jubelfeier der Universität Heidelberg, darf als besonderer Beweis des Vertrauens seiner Kollegen in sein organisatorisches Geschick und seine Fähigkeit, schwierige Verhandlungen zu leiten, gelten. Daß er auch in rein bürgerlichen Angelegenheiten Vertrauen genoß, dafür zeugt seine Zugehörigkeit zur Stadtverordnetenversammlung in die er hineingewählt wurde, von anderen weniger wichtigen Ehrenposten zu schweigen.

Unter den wissenschaftlichen Vereinen und Gesellschaften, denen er angehörte, sind auffallend viele englische. Das hängt zweifellos mit den Freundschaftsbeziehungen zusammen, die ihn mit hervorragenden englischen Gelehrten, teilweise aus der Studienzeit her, verbanden. Insbesondere sind zu nennen: als ältester Freund Henry Roscoe, William Thomson (Lord Kelvin), Arthur Schuster, Bottomley in Glasgow, weiter Stokes, Lord Rayleigh, Tait, Tyndall, Lockyer, der Mathematiker Jack in Glasgow, Hugo Müller in London, Rücker und andere mehr. Er hat auch stets mit größtem Interesse die englische wissenschaftliche Literatur verfolgt, und seine Bibliothek umfaßte eine große Reihe englischer und amerikanischer physikalischer Zeitschriften außer den führenden deutschen und anderen ausländischen. Die hohe Wertschätzung, die er der englischen Wissenschaft und ihren Vertretern zuteil werden ließ, wurde ihm von dort vielfach erwidert; seine englischen und amerikanischen Schüler, deren Zahl nicht gering ist, haben stets eine große Anhänglichkeit bezeugt. Einer von ihnen, E. H. Stevens,

der in Heidelberg unter Quinckes Leitung zum Dr. phil. promoviert wurde, hat wie oben erwähnt, in der Londoner Zeitschrift Nature im Jahre 1902 „The Heidelberg Physial Laboratory" äußerst anschaulich und lebendig geschildert. Sogar der Weltkrieg hat die alten Beziehungen nicht ganz zerstört.

Selbstverständlich sind Quinckes Freunde nicht bloß in England zu suchen, den Hauptteil bilden die Deutschen: Landolt, Beilstein, Carius, Pebal, Wild in St. Petersburg, alle von der Studienzeit her befreundet, Wilhelmy, der ihn in der ersten Berliner Zeit tatkräftig mit wissenschaftlichen Apparaten unterstützte, Werner Siemens, Hittorf, F. Kohlrausch, der Mathematiker Clebsch in Göttingen, der Botaniker Pringsheim in Berlin, der Chemiker Wislicenus, der Würzburger Physiologe Fick und andere mehr, alles Namen vom besten Klange, die einen wahrhaft wissenschaftlichen Freundeskreis darstellen. Und zu ihnen treten die zahlreichen Schüler und jungen Mitarbeiter, die diesen Kreis noch erweitern. Sie alle zu nennen ist kaum möglich. Namen, die in der ganzen Welt bekannt sind, wie Philipp Lenard, Ferdinand Braun, Albert Michelson sind darunter; andere, die in engerem wissenschaftlichen Kreis ebenso guten Klang haben, neben vielen der Öffentlichkeit weniger bekannten; um einige zu nennen, die auch F. Braun in seiner kleinen Festschrift zum 70. Geburtstag Quinckes im 15. Band von Drudes Annalen der Physik 1904 zum Teil aufgeführt hat: Grotrian, Hagen, Voller, Winkelmann, Wernicke, Schwalbe, Seebeck, Elster, Geitel, Börnstein, W. König, Max Wolf, R. H. Weber, Precht; von ausländischen Gelehrten noch Willard Gibbs, E. H. Stevens, der Astronom Keeler.

Diese lange Reihe zeigt, wie umfangreich, anregend und fruchtbringend Quinckes Lehrtätigkeit gewesen ist. Und wahrlich seine Schüler können ihm Dank wissen für vieles, was er ihnen vermittelt hat, vor allem für die strenge Schulung in der Handhabung der experimentellen Hilfsmittel, die für Quincke geradezu kennzeichnend war; nicht minder aber für die vielseitigen Anregungen, die der immer rege, nie rastende Geist dieses Mannes mit seiner lebendigen Art, die Dinge zu behandeln, ihnen jederzeit gab. Denn nicht darauf kommt es ja an, ob alle Vorstellungen, die sich ein Forscher gebildet hat, alle Hypothesen, mit denen er arbeitet, und alle Schlüsse, die er zieht, richtig sind, viel wesentlicher ist es, daß er versteht, seine Schüler anzuregen und die Triebkräfte selbständigen wissenschaftlichen Denkens und Fühlens in ihnen zu wecken und zu stärken. Das hat Quincke in seiner Weise ausgezeichnet, in seinen besten Jahren nach allseitigem Zeugnis ganz hervorragend gekonnt. Daß er dabei seinem Wesen gemäß nicht in den Bahnen strenger mathematischer Theorien wandelte, seine Schüler eher von diesen fernhielt, statt sie darauf hinzuweisen, und daß er hier gelegentlich vielleicht auch hemmend wirkte, ist natürlich und tut seiner Bedeutung im ganzen keinen Abbruch.

In seinem Wesen ist sich Quincke auch sonst treu geblieben. Klarheit des Denkens, Sicherheit in der Wahl der Mittel und des Augenblicks zum Handeln, Raschheit des Entschlusses und Zähigkeit und Festigkeit in der Verfolgung des gesteckten Zieles zeichnen ihn sein ganzes Leben auf allen Gebieten aus. Dies noch genauer nachzuweisen fehlt der Raum, der Hinweis auf diese Eigenschaften muß genügen. Mit dem scharfen Verstand und dem zähen Willen verband sich aber ein heiterer Sinn, ein wohlwollendes Gemüt, ein glücklicher Optimismus, der die Dinge des Lebens und der Wissenschaft stets von der guten Seite ansah und Schwierigkeiten beiseite räumen half. Konnte er — bei seiner Kraftnatur kein Wunder — gelegentlich aufs heftigste aufbrausen und in Erregung geraten, was seine Schüler und Mitarbeiter wohl alle einmal miterlebt haben, so hielten solche Stimmungen nie lange an

und hinterließen in den seltensten Fällen eine länger oder gar dauernd anhaltende Mißstimmung oder Entfremdung. Besonders in den späteren Jahren seines Heidelberger Wirkens, über die ich von 1898 an aus eigener Erfahrung berichten kann, war Quinckes Verhältnis zum Physikalischen Institut mit allem was dazu gehörte, ein — man kann sagen — väterliches. Er war mit seinen Einrichtungen geradezu verwachsen, und er behandelte seine Mitarbeiter, Assistenten und Diener nicht wie fremde Angestellte, sondern mehr wie Hausgenossen. Das schöne gesellige Leben, das in den Heidelberger akademischen Kreisen herrschte und im gastfreien Quinckeschen Hause einen seiner Mittelpunkte besaß, war zweifellos diesem liebenswürdigen Zuge seines Wesens förderlich, und es wurde selbst wieder durch die vornehme, gewinnende Art des Herrschers dieses kleinen Kreises gefördert und ermöglicht. Die Erinnerung an diesen Mann, der bis ins höchste Alter hinein sich neben fast ungeschwächten körperlichen Kräften auch seine edlen geistigen und seelischen Fähigkeiten bewahrte, muß für alle, die ihn näher gekannt haben, ein goldenes Blatt ihrer Lebensgeschichte bilden. Denen, die ihn aus dieser oder aus anderen Schilderungen kennen, möge das darin gezeichnete Bild zur Nacheiferung dienen. Der wissenschaftlichen Welt aber wird er durch seine Veröffentlichungen und durch die von ihm der Experimentalphysik geschenkten Versuche und Apparate, die seinen Namen tragen, dauernd bekannt bleiben.

Danzig, im November 1924.

(Eingegangen 3. Dezember 1924.)

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die Bedeutung der Röntgenspektrographie für die Quellungsprobleme.

Von J. R. Katz.

I. Bisherige Untersuchungen über das Wesen der Quellung.

Bekanntlich versteht man unter Quellung die auffällige Erscheinung, daß Substanzen, meist von pflanzlichem oder tierischem Ursprung, in Wasser größer werden. Laminaria, Erbsen, Gelatine, Faserstoffe, Holz usw. sind bekannte Beispiele. Für die Biologie ist diese physikalisch-chemische Erscheinung von hervorragender Bedeutung, da auch die Protoplasten selber — welche bekanntlich die Träger des Lebens sind — quellbare Körper sind. Andererseits quellen Kautschuk und Zelluloseester in vielen organischen Flüssigkeiten.

Der wissenschaftliche Begriff Quellung wurde von den Biologen und Physiologen um 1850 bis 1880 geprägt. Sie verstanden darunter die Aufnahme einer Flüssigkeit in einen festen Körper, die durch drei Merkmale bestimmt wird[1]):

a) der feste Körper war vor der Flüssigkeitsaufnahme homogen bei mikroskopischer Untersuchung und bleibt es bei der Flüssigkeitsaufnahme;
b) die Dimensionen des festen Körpers nehmen bei der Flüssigkeitsaufnahme zu, er „quillt"; das Volum vermehrt sich bei erster Annäherung um das Volum der aufgenommenen Flüssigkeit; Quellungen bis auf die doppelte Größe und mehr sind bekannt;
c) die „Kohäsion" des festen Körpers nimmt bei der Flüssigkeitsaufnahme ab und bei starken Quellungen sehr erheblich ab; exakter beschrieben: der Elastizitätsmodul nimmt stark ab, die Kraft, bei der die Substanz bricht, wird viel kleiner, der Dehnungsgrad, bei dem sie bricht, nimmt zu.

Zur Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinungen — die eine auffällige Ausnahme zu bilden schienen von der alten Regel, daß keine Mischbarkeit im festen Zustande besteht — streiten von alters her zwei Erklärungen um den

1) Für nähere Besonderheiten verweise ich auf meine Monographien: Die Gesetze der Quellung, Kolloidchemische Beihefte **9**, 1, 1916 und Die Quellung, I. Teil, Ergebnisse der exakten Naturwiss. III, 316, 1924.

Vorrang. Nach der einen Hypothese, die von C. v. Nägeli herrührt und 1858 zuerst ausgesprochen wurde[1]), wird das Wasser nicht zwischen die einzelnen Moleküle, sondern zwischen größere Einheiten submikroskopischer Größe, welche aus vielen einfachen Molekülen bestehen, aufgenommen. In doppelbrechenden quellbaren Substanzen (Faserstoffen, Sehnen usw.) zeigen diese Mizellen offenbar Doppelbrechung; ihre Anordnung (parallel, spiralförmig, radiär usw.) erklärt dann die merkwürdigen Eigentümlichkeiten dieser Doppelbrechung. Ob die Mizellen als große (aus vielen Einzelmolekülen bestehende) Moleküle oder als kleine Kristalle zu betrachten seien, wurde verschiedentlich angenommen; auch wir wollen diese Frage anfänglich offen lassen.

Es wurde aber nicht genügend deutlich, warum es notwendig sein sollte, die Doppelbrechung größeren Einheiten als Molekülen zuzuschreiben; der Kerr-Effekt — der auch bei Substanzen auftritt, bei denen man doch sicher keine Mizellarstruktur anzunehmen braucht — ist in dieser Hinsicht bezeichnend. Und es ließe sich daher die Quellung einfach als eine homogene Verteilung des Wassers zwischen die Moleküle des festen Körpers auffassen. Diese Erklärung ist von Hugo de Vries[2]) angenommen worden und von H. A. Lorentz[3]); sie ist von mir[4]) auf Grund von neuen experimentellen Arbeiten ausführlich verteidigt worden.

Eine Entscheidung ließ sich aber nicht erreichen mit den damals bekannten Untersuchungsmethoden. Wohl ließ sich zeigen, daß die zweite Hypothese, die ich kurzweg die Mischungshypothese nennen werde, die sämtlichen Beobachtungen über Quellung ungezwungen erklären konnte, auch die Form der quantitativen Gesetze, während die erstgenannte das vorläufig nicht kann. Abgesehen von der Frage der theoretischen Erklärung der Quellung besteht empirisch zwischen Quellung und Auflösung eine bis in Einzelheiten gehende Analogie; es zeigen Wasserdampfspannung, Wärmetönung und Volumkontraktion bei Mischung und Quellung eine vollkommene Analogie in der Form ihrer Abhängigkeit vom Wassergehalt[5]). Diese Analogie geht so weit, daß z. B. das Verhältnis zwischen Volumkontraktion und Wärmetönung bei Quellung und bei Mischung gleich groß ist und in weitem Grade unabhängig von der Natur der quellbaren bzw. mischbaren Körper ist. Diese Tatsachen zeigen, daß es jedenfalls eine nützliche Arbeitshypothese ist, bei der Untersuchung von quantitativen Quellungsgesetzen die Analogie mit der Auflösung im Auge zu behalten. Wie gesagt, läßt sich die Mizellarhypothese zurzeit noch nicht so weit entwickeln, daß sie die quantitativen Quellungsgesetze voraussagen kann. Das beweist aber nicht, daß sie unrichtig ist. Aber umgekehrt geht man viel zu weit, wenn man — wie das von kolloid-chemischer Seite vielfach geschehen ist — die Mizellarhypothese einfach als die sicher richtige betrachtet.

Bei der Erklärung mehr komplizierter Quellungserscheinungen haben die älteren Untersucher vielfach Annahmen gemacht über die Änderung der Zusammensetzung, der Größe, der Form, der Orientierung der Mizellen (bzw. der Moleküle) bei der Quellung. Aber meistens waren so viele Unsicherheiten im Problem, daß diese Annahmen nur eine Möglichkeit bildeten, aber keineswegs zwingend waren. Darum wurde es allmählich wenig verlockend, solche Änderungen experimentell zu studieren; und diese Sachlage hat das Studium der Quellung in den letzten Jahrzehnten sehr gehemmt.

II. Die Einführung der Röntgenspektrographie als neue Untersuchungsmethode.

In zwei früheren Experimental-Untersuchungen haben wir gesehen, daß die Röntgenspektrographie gewisse Aufschlüsse über diese Probleme geben kann[1]), weil sie direkt die Identitätsperiode des Gitters, sowie die Anordnung eventueller Mizellen zu bestimmen gestattet.

Es wird sich daher die Mühe lohnen, jetzt zu studieren, wie weit die neue Untersuchungsmethode in den Quellungsproblemen führen kann und wo ihre natürlichen Beschränkungen liegen. Denn die Gefahr liegt nahe, daß man sonst aus den Versuchen Schlußfolgerungen ziehen könnte, welche nicht berechtigt sind.

Die folgenden Quellungsprobleme lassen sich nun meiner Ansicht nach röntgenspektrograpisch behandeln, leider alle nur bei kristallinischen quellbaren Körpern und nicht bei amorphen.

1) C. v. Nägeli, Die Stärkekörner. Zürich 1858; siehe auch: Theorie der Gärung, 1879; Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop, 417—422.

2) Hugo de Vries, Leerboek der Plantenphysiologie, I. Aufl. 1880, S. 135—144.

3) H. A. Lorentz, Leerboek der Natuurkunde, II. Aufl. I. S. 419.

4) Zitt. Verslagen Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam Nov. 1910.

5) J. R. Katz, Zitt. Verslagen Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, Nov. und Dez. 1910; Vortrag auf der deutschen Bunsen-Gesellschaft f. angewandte physikal. Chemie. Zeitschr. f. Elektrochemie **17**, 800—805, 1911.

1) J. R. Katz, Röntgenspektroskopische Untersuchungen über das Wesen der Quellung bei Substanzen, welche ein Faserdiagramm geben. Diese Zeitschr. **25**, 321—326, 1924; J. R. Katz und H. Mark, Röntgenspektrographische Untersuchungen über das Wesen der Quellung bei einigen Substanzen, die ein Debye-Scherrer-Diagramm geben. Diese Zeitschr. **25**, 431—435, 1924.

1. beruht die Zunahme der Größe der sichtbaren Dimensionen der quellbaren Körper auf einer Vergrößerung des Gitters oder bleibt das Gitter unverändert? Im zweiten Falle wird die Zunahme der Größe bei der Quellung in anderer Weise erklärt werden müssen; und das ist dann wohl nur möglich durch Annahme der Mizellarhypothese.

Bis jetzt wurde gefunden, daß bei der Quellung von Zellulose, Hydratzellulose, Chitin und Seidenfibroin im Wasser die röntgenographischen Identitätsperioden sich nicht ändern, während bei der Quellung des Inulins in Wasser das Gitter eine Größenzunahme erfährt, die ungefähr mit der beobachteten Zunahme der sichtbaren Dimensionen übereinstimmt. Es scheint daher die Quellung je nach der untersuchten Substanz intermolekular oder intermizellar zu geschehen. Und die Röntgenspektrographie kann ein neues und wichtiges Mittel bilden, beide zu unterscheiden.

Damit aber diese Schlußfolgerung aus den Versuchen zwingend sei, müssen einige Bedingungen erfüllt sein, die ich jetzt ausführlich studieren will:

a) die Substanz, welche die Röntgeninterferenzen gibt, muß dieselbe sein wie die, welche quillt (oder wenigstens den hauptsächlichen Beitrag zu der Quellung liefern). Daß das nicht selbstverständlich ist, zeigen solche quellbaren Körper wie Elfenbein und gewisse Tone, in denen nicht quellbare Kristalle den Hauptbestandteil des Körpers bilden, aber von einer quellbaren Bindesubstanz zu einem Ganzen verbunden sind. Wenn in einem solchen Körper das Röntgenspektrogramm sich nicht ändert, so beweist das nichts. Denn das Bindemittel, das allein quillt, kann amorph sein oder in zu kleiner Menge anwesend, um ein eigenes Röntgenogramm auf der Platte zu zeichnen. Ändert sich aber das Diagramm, so ist das wohl beweisend. Liegt diese Komplikation vor bei den bis jetzt untersuchten Substanzen, deren Diagramm sich nicht ändert (Zellulose, Hydratzellulose, Seidenfibroin, Chitin)? Wir haben hier bestimmten Grund anzunehmen, daß sie keinen großen Einfluß hat. Denn die Intensität der Interferenzen ist gleich stark wie die von anderen organischen Körpern, die sicher nur aus Kristallen bestehen und aus denselben Atomen aufgebaut sind (z. B. Glukose, Ureum). Es muß daher die Substanz ganz oder zum größeren Teil aus derjenigen Verbindung aufgebaut sein, welche das Röntgenspektrum gibt. Während anderseits die Quellung eine so starke ist, daß sie nicht nur auf der Quellung einer in kleinen Quantitäten vorliegenden Zwischensubstanz beruhen kann. Auch die chemischen Tatsachen reden bei der Zellulose in der gleichen Richtung; da ist es wohl wahrscheinlich, daß bei gereinigten Zellulosefasern neben der Zellulose andere Substanzen — soweit anwesend — nur in kleinen Mengen vorliegen. Eine andere Sache ist freilich, ob die Röntgeninterferenzen der Zellulose nicht mehr als einer Substanz angehören; und ob nicht etwas Bindesubstanz die Mizellen zusammenkittet. Bei Seidenfibroin ist das schon weniger sicher[1]). Bei Substanzen mit schwachen Röntgeninterferenzen wie Schweinsborsten (Keratin?) ist aber als ernste Möglichkeit in Betracht zu ziehen, ob nicht die Substanz, welche das Spektrum gibt, nur eingelagert ist in eine amorphe Substanz, welche die eigentlich quellende ist. Und bei allen quellenden Substanzen bleibt etwas Unsicherheit bestehen.

b) die röntgenographische Identitätsperiode muß wenigstens so groß sein wie die Größe der Moleküle. Wenn gewisse Gruppen in einem komplizierten Molekül sich wiederholen (oder ungefähr wiederholen), wäre mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Identitätsperiode die Hälfte, ein Drittel, ein Viertel der Molekülgröße wäre. In dem Falle wäre ein Unverändertbleiben der Identitätsperioden nicht ohne weiteres beweisend, daß die Quellung nicht intermolekular geschieht.

c) das Wasser kann ins Gitter gehen und dennoch die Identitätsperioden nicht verändern, wie L. Vegard beim Zeolith Chabasit festgestellt hat[2]). Vegard fand, daß die Lage der Interferenzen beim Wasserverlust unverändert blieb, aber daß deren Schärfe stark abnahm. Offenbar geriet durch den Wasserverlust das Gitter teilweise in Unordnung. Ähnliches scheint beim Amylodextrin (nach C. v. Nägeli) vorzuliegen[3]).

Dagegen ist es — wie gesagt — beweisend für eine intermolekulare Quellung, wenn das Gitter sich vergrößert bei der Quellung, falls nur:

a) die Änderung des Gitters — wie die Änderungen der sichtbaren Dimensionen des quellenden Körpers — nach einer kontinuierlichen Funktion vom Wassergehalt abhängt;

b) beide prozentual von der gleichen Größenordnung sind.

2. Wird bei der Quellung eine bestehende Ordnung der Mizellen gestört? Dort, wo die Mizellen alle der Faserachse parallel liegen, gibt der Körper ein typisches Diagramm, ein sogenanntes Faserdiagramm oder

1) Siehe R. Brill, Ann. d. Chem. **434**, 204–217, 1923. Diss. Berlin 1923.
2) L. Vegard, Ann. d. Phys. **54**, 160–164, 1918.
3) J. R. Katz u. H. Mark, loc. cit. S. 434.

Vierpunktdiagramm, das M. Polanyi enträtselt hat[1]). Wird diese Ordnung komplett aufgehoben, so muß der Körper nachher ein Debye-Scherrer Diagramm geben. Wird sie nur teilweise aufgehoben, so entsteht ein Zwischending: während bei einem echten Vierpunktdiagramm von jedem Debye-Scherrer-Kreis nur vier (oder zwei) symetrisch gelegene Punkte geschwärzt werden, wird jetzt jeder dieser Punkte zu einem viel längeren Kreisbogen (während schwächer der ganze Kreis sich abzeichnet). Aus dem Grade der Verbreiterung der Punkte zu Kreisbogen, aus der Intensität der zwischen den Punkten gelegenen Kreisbogen (Photometrieren!) läßt sich dann der Grad der Unordnung quantitativ ablesen. Es wäre leicht, dafür Formeln abzuleiten. Experimentell läßt es sich aber nur bei starken Graden von Unordnung machen; denn bei schwächeren Graden werden die Versuche zu unsicher gemacht durch mögliche Mängel in der Parallelordnung der Fasern im Faserbündel, das man durchstrahlt. Wie leicht verständlich, ruft eine solche mehr oder weniger ähnliche Änderungen im Diagramm hervor. Was wir hier vor allem brauchen, ist eine gute Methode, Fasern in einem Faserbündel so zu parallelisieren, daß die Abweichungen von der Parallelität sehr klein — und wenn möglich meßbar — werden. Ein solches gibt es bis jetzt nicht.

Aber bei höheren Graden von Unordnung genügt es, die Fasern sorgfältig parallel zu kämmen. In dieser Art ließ sich die Frage z. B. bei den starken Quellungen untersuchen, welche Ramie in konzentrierten Lösungen von neutralen Salzen und von Alkalihydroxiden erfährt (eine Untersuchung, die ich in Gemeinschaft mit H. Mark durchgeführt habe). Während stärkste Quellung in gewissen neutralen Salzlösungen (Zinkchlorid spez. Gew. 1,80; Rhodankalzium spez. Gew. 1,80) nach Auswaschen des Quellungsmittels keine Verschmierung des Vierpunktdiagramms zu Debye-Scherrer-Kreisen zeigte, hatte eine in 27 Proz. *NaOH* gequollene Ramie nach dem Auswaschen ein aus konzentrischen Kreisen bestehendes Diagramm, in dem nur noch das intensivste Paar Äquatorialstreifen als solche sichtbar sind (als Verstärkung eines der Kreise); die Schichtlinien[2]) aber sind ganz verschwunden[3]). Hier liegt sicher eine hochgradige Störung der Parallelität der Kristallite vor. Es ist übrigens auch nicht zu verwundern, daß eine intermizellare Quellung — wie sie bei Zellulose vorzuliegen scheint, wenn sie nur stark genug ist, zu einer Desorientierung der parallel gerichteten Mizellen führt. Denn wenn die Mizellen nur stark genug auseinander zu liegen kommen durch die zunehmende Ausbildung von Wasserhüllen um die Einzelmizellen, muß doch in einem gewissen Moment die Parallelordnung gestört werden; es wäre im Gegenteil unerklärlich, wenn das nicht auftreten würde. Unklar ist noch, warum bei den starken Quellungen in neutralen Salzlösungen eine solche Unordnung nicht auftritt. Vielleicht werden die Zellulose-Mizellen durch eine Kittsubstanz verbunden, die von Natronlauge angegriffen wird, von den Salzlösungen nicht. Vielleicht ist die Quellung in Natronlauge stärker als in den anderen Lösungen; dieser Punkt wird jetzt untersucht. Und endlich ist es vielleicht wichtig, daß bei der Quellung in starken Natronlaugen das Spektrum der Zellulose verschwindet, also die Zellulose-Mizellen in Mizellen einer anderen chemischen Verbindung umgelagert werden, während bei der Quellung in den genannten Salzlösungen das Spektrum der Zellulose unverändert bleibt[1]). Es wäre ja denkbar, daß durch die Pseudomorphose-Bildung der Zusammenhang der Mizellen sich lockert. Das müssen weitere Untersuchungen lehren; ich möchte nur auf diese verschiedenen Möglichkeiten hinweisen als Warnung, diese Erscheinungen nicht zu simplistisch zu deuten.

3. Wird bei der Quellung oder Entquellung die Ordnung der Moleküle im Gitter gestört? Diese Frage ist nur dann zu stellen, wenn die Zusammensetzung der Mizellen bei Quellung und Entquellung sich ändert; sonst hat sie keinen Sinn. Bis jetzt habe ich zwei Gruppen von Tatsachen kennen gelernt, die möglicherweise zu dieser Kategorie gehören.

Einmal ist es die Veränderung des Röntgenspektrums bei Substanzen der Stärkegruppe bei Quellung und Entquellung in Wasser. Schon den ersten Untersuchern, die mit Röntgenspektrographie an die Stärkegruppe herangingen, fiel es auf, daß diese Substanzen meist ein so schlechtes Diagramm gaben. Eine der Ursachen davon fand ich dann in der Änderung des Spektrums bei Wasserverlust. Bei vielen dieser Substanzen besteht das Diagramm der feuchten Substanz (im Quellungsmaximum) aus schön ausgebildeten Debye-Scherrer-Kreisen, während die sehr intensiv getrocknete Substanz (z. B. bei 100° C in vacuo über Schwefelsäure) unscharf ist, zuweilen ein so unscharfes Dia-

1) M. Polanyi, Zeitschr. f. Physik **7**, 149—180, 1921; Naturwissenschaften **9**, 339, 1921.

2) Im Sinne M. Polanyis (siehe z. B. Naturwissenschaften **9**, 339, 1921).

3) Das Diagramm ist abgebildet worden in J. R. Katz, Physikal. Zeitschr. **25**, 321—326, 1924, Tafel II.

1) J. R. Katz und H. Mark, Die Änderungen im Faserröntgenogramm der Zellulose bei der Quellung in konzentrierten wässerigen Lösungen. Zeitschr. f. physik. Chemie, Herbst 1924.

gramm gibt, daß es nicht mehr ein richtiges Debye-Scherrer-Diagramm zu nennen ist.

Die Erscheinung erinnert auffällig an die Änderungen im Laue-Diagramm bei der Entwässerung von kristallwasserhaltigen Mineralien, welche G. Aminoff bei seinen schönen Untersuchungen über Röntgenasterismus studiert hat. Auch dort wird das Diagramm teilweise ausgewischt, ohne ganz zu verschwinden. Aminoff kommt auf Grund seiner ausführlichen Studien zu der Schlußfolgerung, daß es zwei Typen von Unregelmäßigwerden eines Kristallgitters gibt (sei es durch Wasserverlust, sei es durch mechanische Deformationen). Bei der einen Form werden alle Elementarteile des Gitters einfach etwas unregelmäßig in ihrer Lagerung zueinander; dann werden alle Interferenzen unscharf. Bei der zweiten — die Aminoff besonders schön studiert hat — verschiebt das Gitter sich parallel einer einzigen Gleitebene, aber diese Verschiebungen sind unregelmäßig. Es bleibt daher nur in einer Richtung eine Identitätsperiode bestehen, und die kristallinische Substanz verwandelt sich von einer Materie, die in drei verschiedenen Richtungen eine Identitätsperiode besitzt in eine solche, die nur in einer Richtung eine Identitätsperiode besitzt. Überdies werden in beiden Fällen die äußeren Interferenzen viel mehr geschwächt als die inneren, ja es bleibt nur ein kleiner Kern von Interferenzen übrig, während die äußersten ganz verschwunden sind[1]). Solchen Röntgenasterismus der zweiten Art fand Aminoff z. B. bei Brucit und bei Parisit bei Wasserverlust aus dem Kristallgitter und bei Brucit beim Pressen in der Kristallpresse. Ähnlichen Röntgenasterismus hat man neuerlich bei mechanisch stark behandelten Metallen gefunden. Alle diese Erfahrungen wurden an Laue-Aufnahmen gewonnen.

Etwas Ähnliches liegt nun — nach meiner Erfahrung — bei verschiedenen Repräsentanten der Stärkegruppe vor. Ich will in zwei Fällen die Erscheinungen genauer beschreiben. Beim Amylodextrin z. B. (nach C. v. Nägeli dargestellt) sieht man, daß die inneren Ringe gröber werden, so daß je zwei benachbarten Ringe zu einem verschmelzen; aber eine Verschiebung von Ringen scheint nicht vorzuliegen. Bei der löslichen Stärke (Amylum solubile von E. Merck) ist die Sachlage weit interessanter. Da verschwindet beim Trocknen (alles bei 100° über Schwefelsäure in vacuo) das ganze Debye-Scherrer-Diagramm, welches bei der feuchten Substanz so deutlich war. Nur ein innerer dunkler feiner Ring bleibt übrig und bekommt einen etwas kleineren Diameter (der kontinuierlich vom Wassergehalt abzuhängen scheint). Weiter hat sich etwas gebildet, das wie ein amorpher Ring aussieht (nur vielleicht etwas scharf begrenzt ist für einen solchen). In diesem „amorphen Ring" liegt der oben genannte scharfe schwarze Kreis, nahe bei dem inneren Rande des erstgenannten.

Eine zweite Gruppe von Erscheinungen, die vielleicht mit einem durch Quellung unregelmäßigen Gitter zusammenhängen, ist die Tatsache, die schon P. Scherrer[1]) und R. O. Herzog und W. Jancke[2]) beschrieben haben: daß Eiweißkristalle kein Röntgenspektrum geben. Da die Möglichkeit bestand, daß diese Autoren Kristalle untersucht hatten, welche durch Austrocknen oder durch Quetschung Röntgenasterismus zeigen, habe ich diese Kristalle noch einmal unter strengster Vermeidung dieser Möglichkeiten untersucht. Das war um so mehr notwendig, als diese Kristalle im feuchten Zustand zuweilen eine Konsistenz wie Butter aufweisen (plastisch und weich sind), im trockenen Zustand aber hart und spröde sind. Wo die Kristalle in dem feuchten Zustand, in dem sie sich aus ihrer Mutterlauge abscheiden, so weich und plastisch sind, besteht sehr die Gefahr, daß sie durch äußere Einflüsse deformiert werden. Auch Austrocknen könnte hier leicht das Gitter stören (um so mehr als man große Kristalle dabei leicht unregelmäßige Formen annehmen sieht) durch allerlei Verkrümmungen.

So habe ich die Kristalle unter Vermeidung aller dieser Störungen untersucht. Und dennoch zeigten sie kein Linienröntgenogramm. Ich komme darauf bald an dieser Stelle zurück, möchte aber jetzt schon betonen, daß ein Einfluß der starken Quellung, wodurch die Beweglichkeit der Moleküle und der Atomgruppen im Gitter abnorm groß geworden ist, diese Tatsachen sehr gut erklären könnte[3]).

4. Gehen bei der Quellung die Mizellen in amorphe Körperchen über?

5. Gehen bei der Quellung die Mizellen in solche, welche aus einer anderen chemischen Verbindung bestehen, über?

Beide Fragen werden am besten gleichzeitig behandelt. Denn in beiden Fällen wird das Diagramm der ursprünglichen Substanz bei der Quellung verschwinden; und es wird meistens nicht leicht sein zu unter-

1) Das hat — wie Herr S. Faxén (Upsala) mich aufmerken ließ — wohl einen ähnlichen Grund als wie das Verschwinden der äußeren Interferenzen durch die Wärmebewegung (Debye-Faktor).

1) P. Scherrer in R. Zsigmondys Kolloidchemie, III. Aufl. 1920.

2) R. O. Herzog u. W. Jancke, Naturwissenschaften 9, 320, 1921.

3) Für eine andere mögliche Erklärung siehe eine Fußnote in Abschnitt III.

scheiden, welcher dieser beiden Fälle vorliegt. Zwar wird im ersten Falle nichts oder ein amorpher Ring auftreten müssen, im anderen Falle das Diagramm der neuen Verbindung. Aber oft werden die Verhältnisse nicht so leicht zu deuten sein; nur wenn man das neue Spektrum mit dem Diagramm einer bekannten Substanz vergleichen kann, wird es möglich sein, die neue Substanz zu identifizieren. Auch kann es schwierig sein, zu entscheiden, ob die neuen Streifen einer neuen Substanz angehören, oder ob sie der durch intermolekulare Quellung veränderten Substanz angehören.

Ein solches Verschwinden des Spektrums liegt z. B. vor bei der Quellung von Zellulose (Ramiefasern) in konzentrierten Alkalihydroxyd-Lösungen. In diesem Falle, den ich zusammen mit H. Mark untersucht habe, verschwindet — wie gesagt — das ganze Zellulose-Spektrum und statt dessen tritt ein neues Diagramm auf, bestehend aus einer Reihe von konzentrischen Ringen und zwei neue Äquatorialstreifen; die Schichtlinien sind verschwunden. Hier lagert entweder die Zellulose sich um in eine neue Verbindung; oder eine amorphe Zwischensubstanz (Kittsubstanz?) bekommt unter dem Einfluß des Alkalis kristallinische Beschaffenheit, so daß sie eigene Interferenzen geben kann; oder beides ist zu gleicher Zeit der Fall. Solche Fragen werden oft sehr schwierig zu entscheiden sein. Dort wo sehr starke Quellungen vorliegen, muß aber immer diskutiert werden, ob nicht die Verdünnung der reflektierenden Substanz ein Verschwinden des Spektrums vortäuscht. Aber die Hauptsache: daß die Mizellen so tiefgehend verändert sind, daß sie aufgehört haben ihr charakteristisches Röntgenspektrum zu geben, läßt sich sicher aus solchen Diagrammen ablesen.

6. Zerspalten sich die Mizellen in kleinere Mizellen? Die früheren biologischen Autoren über Quellung haben oft solche Zerspaltungen angenommen, z. B. um eine erhöhte Quellbarkeit nach irgendeinem Eingriff zu erklären. Röntgenspektrographisch müßte eine solche Veränderung sich äußern in einer Verbreiterung der Interferenzringe im Debye-Scherrer-Diagramm (bei gleicher Dicke des Präparats). Scherrer[1]) hat beim kolloidalen Golde gezeigt, wie man in solchen Fällen (falls die Kristallite kleiner als etwa 100 $\mu\mu$ werden, und das sind sie bei vielen quellbaren Körpern) aus der Halbwertsbreite der Interferenzen — nach einer Formel von Debye — die mittlere Größe der Kristallite schätzen kann. In unserem Falle müßten also die Ringe sich verbreitern. Geht die Zerspaltung aber sehr weit — wie bei Quellungen, die der Auflösung unmittelbar vorangehen —, so könnte das Spektrum ganz verschwinden, da allzu kleine Mizellen gar keine Interferenzen geben (obwohl Scherrer bei Gold noch schöne Interferenzen bekam bei Kriställchen, die auf jeder Kantenlänge bloß 4 bis 5 Atome enthielten; aber Gold „reflektiert" kraft seines viel höheren Atomwertes vielmals stärker als organische Substanzen). Diese extreme Mizellarzertrümmerung, welche die älteren Biologen oft als Hypothese angenommen haben, ließe sich — soweit ich sehe — nur sehr schwierig unterscheiden vom Übergang der Kristallite in amorphe Mizellen. Nur wo nach der Quellung der alte Zustand unverändert zurückkehrt, ist Mizellarzertrümmerung nicht wahrscheinlich. Übrigens können auch in kolloidalen Lösungen ev. bestehende Mizellen, welche ein Raumgitter aufweisen, röntgenspektrographisch nachgewiesen werden, falls sie nur genügend stark „reflektieren", um in der gegebenen Konzentration die photographische Platte zu schwärzen[1]).

Endlich muß auf eine, bei allen diesen Untersuchungen notwendige Zurückhaltung im Ziehen von Schlüssen hingewiesen werden, daß nämlich die photographische Platte einen „Schwellenwert" hat, wodurch Interferenzen zu schmal ausfallen oder überhaupt fehlen können, falls die Belichtung zu knapp war. Bei zu starker Belichtung fällt sie zu groß aus. Nur wenn diese Fehlerquellen vermieden werden, haben solche Bestimmungen der Teilchengröße Wert. Überdies machen diese Eigentümlichkeiten unserer photographischen Platten, daß man den Aufnahmen nie ganz vertrauen darf, wenn eine gesuchte schwache Interferenz fehlt.

III. Sind die Mizellen der quellbaren Körper als kleine Kristalle oder als große, assoziierte Moleküle zu betrachten?

Der Gründer der Mizellartheorie hat anfänglich beide Möglichkeiten in Betracht gezogen und sich erst später auf die Hypothese, die Mizellen seien submikroskopische Kristalle, festgelegt. Diese Frage scheint mir in der letzten Zeit wiederum aktuell geworden zu sein, und zwar durch die bekannten Untersuchungen von P. Karrer[2]), H. Pringsheim[3]) und K. Heß[4])

1) P. Scherrer in R. Zsigmondys Lehrbuch der Kolloidchemie, IV. Aufl., 387—409, 1922.

1) Siehe F. Haber, Ber. d. deutschen chem. Ges. 55, 1717, 1924; Niklassen u. Böhm, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1924.

2) Zusammengefaßt: Zeitschr. f. angewandte Chem. **35**, 85—90, 1924.

3) Zusammengefaßt: Die Polysaccharide, II. Aufl. Berlin, Julius Springer, 1923; Naturwissenschaften **12**, 360—364 (9. Mai 1924).

4) Ann. d. Chem. **435**, 1—144.

über die chemische Struktur der Polysaccharide (Körper wie Zellulose, Stärke, Inulin). Allgemein nimmt man jetzt an, — sagt H. Pringsheim[1]) — daß diese Körper Polymerisationskomplexe sind eines relativ einfachen, aus einem oder wenigen Zuckerresten bestehenden Grund- oder Elementarkörpers, der für jedes Polysaccharid eine charakteristische Zusammensetzung hat. Während in diesem Elementarkörper die einzelnen Zuckermoleküle unter Anhydridbildung durch Hauptvalenzen zusammenhängen, sollen die einzelnen Elementarkörper durch Rest- oder Nebenvalenzen zusammenhängen und zu den genannten großen Polymerisationskomplexen verbunden sein. Welcher Natur sind nun diese größeren Komplexe? Da gehen die Meinungen der Polysaccharidforscher auseinander. Karrer[2]) faßt sie als Kristalle auf, und zwar als solche, in denen die einzelnen Moleküle so fest aneinander gebunden sind, daß es sehr schwer fällt, sie molekulardispers in einem Lösungsmittel zu verteilen. Pringsheim[3]) dagegen möchte eher besondere Einheiten — nennen wir sie vorläufig die assoziierten Moleküle — annehmen, die dann ihrerseits, wo Kristallstruktur vorliegt, zu einem Raumgitter angeordnet sind. Nach dieser Auffassung bilden dann eine gewisse Anzahl Grund- oder Elementarkörper das assoziierte Molekül der Substanz; und zwar kann eine Substanz in verschiedenen Modifikationen auftreten, je nachdem der Polymerisationsgrad verschieden ist (beim gleichen Grundkörper). Kristallisiert eine solche Substanz, so sind die assoziierten Moleküle die Einheiten, die zu einem Raumgitter zusammentreten, in dem sie in drei Dimensionen in einer regelmäßigen Ordnung liegen.

Vor kurzem hat dann Emil Abderhalden für die Eiweißkörper eine ähnliche Struktur angenommen. Hier besteht dann der Grundkörper aus einer gewissen Anzahl von Amidosäuren, die unter Anhydridbildung zu dem Grundkörper zusammentreten[4]).

Wo diese bekannten Forscher auf Grund der chemischen Eigenschaften dieser hochmolekularen Substanzen die Möglichkeit diskutieren, besondere Einheiten — assoziierte Moleküle — anzunehmen, in denen ein relativ einfacher Elementarkörper sich regelmäßig wiederholt, da ist es — scheint mir — nicht mehr überflüssig, zu diskutieren, ob bei denselben Körpern — falls Quellungsuntersuchungen die Existenz einer Mizellarstruktur nachweist — die Mizellen kleine Kristallen sind oder große assoziierte Moleküle.

Bekanntlich hat nun die Röntgenspektrographie zu dem überraschenden Ergebnis geführt, daß diese bis jetzt für hochmolekular gehaltenen Substanzen (wie Zellulose[1]), Seidenfibroin[2]), Stärke[3]), Kautschuk einen nur kleinen röntgenographischen Elementarkörper besitzen. Während man bis jetzt Molekulargewichte von einem bis vielen Zehntausenden angenommen hatte, hat der röntgenographische Elementarkörper bloß ein „Molekulargewicht" von 200 bis 600.

Die Frage erhebt sich nun: ist es wohl sicher, daß die beobachteten Linieninterferenzen dieser Substanzen Kristallinterferenzen sind? Könnten es nicht intramolekulare Röntgeninterferenzen sein innerhalb der assoziierten Moleküle (also eine neue Art Röntgeninterferenzen)?

Die Frage scheint mir noch nicht reif für eine eingehende Diskussion, weil die Gründe für die Existenz dieser neuen Einheiten noch nicht besonders zahlreich und zwingend sind. Dabei stehe ich vorläufig auch noch etwas skeptisch gegenüber der Annahme, daß im Molekül Einheiten in drei Richtungen (genau wie in einem Kristall) nach einem Raumgitter regelmäßig geordnet sein könnten. Aber es scheint mir doch notwendig, beide Auffassungen als möglich gelten zu lassen und in jedem einzelnen Falle zu diskutieren, welche die wahrscheinlichere ist[4]). Nur so wird eine aprioristische Einseitigkeit in den Diskussionen vermieden; und eben dadurch wird meiner Ansicht nach die Röntgenspektrographie für die Chemie und die physikalische Chemie der hochmolekularen Körper fruchtbar werden können.

Experimentell erhebt sich vor allem die Frage, ob es in gut ausgebildeten, makroskopischen Kristallen gelingen wird, neben der röntgenologischen Identitätsperiode (welche mit dem kleinen Grundkörper übereinstimmt) andere Interferenzen nachzuweisen, welche einer mehrfach größeren Identitätsperiode entsprechen.

1) Naturwissenschaften, l. c.
2) l. c. S. 90.
3) Naturwissenschaften, l. c.
4) Emil Abderhalden, Das Eiweiß als eine Zusammensetzung assoziierter, Anhydride enthaltender Elementarkomplexe. Naturwissenschaften **12**, 716—720, 5. Sept. 1924.

1) Herzog, Jancke, Polanyi. Zeitschr für Physik **3**, 343 u. M. Polanyi, Naturwissenschaften **9**, 339, 1921.
2) R. Brill, Diss. Berlin 1923; Ann. d. Chemie **434**, 204—217.
3) Sponsler, Journal General Physiology **5**, 757—776, 1923.
4) In dieser Hinsicht sind meine Ansichten verschieden von denen mehrerer Herren des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Faserstoffchemie, welche es als sicher betrachten, daß die Interferenzen Kristallinterferenzen sind und daß der Elementarkörper nicht kleiner als das Molekül sein kann. Der Leser findet meine Ansichten — die auch in anderen Punkten von denen der genannten Forscher abweichen — zusammengestellt in meinem Aufsatz: Die Quellung, Ergebn. der exakten Naturwissenschaften **3**, 316, 1924. Berlin, Julius Springer.

IV. Zusammenfassung.

Es wurde eine Übersicht gegeben der Quellungsprobleme, die sich mit Hilfe der Röntgenspektrographie behandeln lassen; die Vorsichtsmaßregeln, welche bei solchen Versuchen oder bei Schlußfolgerungen aus denselben notwendig sind, wurden aufgezählt. Die Beispiele, die bis jetzt von diesen Möglichkeiten bekannt sind, wurden beschrieben. In dieser Art werden viele Quellungsprobleme, die man bis jetzt nur mit Vermutungen nahe treten konnte, der experimentellen Untersuchung zugänglich.

Die Quellungsprobleme waren bis jetzt vergleichbar mit einer Erscheinung, die man durch eine Gleichung zwischen mehreren Unbekannten beschreiben kann. Eine solche Gleichung läßt sich nicht lösen. Die Röntgenspektrographie gestattet nun das Problem von einer neuen Seite zu studieren, so daß eine zweite Gleichung zwischen den Unbekannten gefunden wird. Im allgemeinen ist es auch jetzt noch nicht möglich, das Problem ganz zu lösen — obwohl in gewissen Fällen schon. Aber jedenfalls wird die Zahl der möglichen Lösungen sehr beschränkt gegenüber früher. Wenn auch dieses Gleichnis (wie jedes Gleichnis) nur teilweise richtig ist, so gibt es doch treffend an, was wir von der neuen Methode erwarten dürfen und was nicht.

Amsterdam, September 1924.

(Eingegangen 20. September 1924.)

Über eine Analogie im Verhalten leitender und nichtleitender Mischkörper.

(Leitfähigkeit metallischer Aggregate und Dielektrizitätskonstante des Wienerschen Mischkörpers.)

Von Karl Lichtenecker[1].

Kürzlich habe ich eine Untersuchung über die elektrische Leitfähigkeit künstlicher und natürlicher Mischkörper veröffentlicht[2]). Es gelang, den spezifischen elektrischen Leitwiderstand bzw. die spezifische Leitfähigkeit zwei- und dreidimensionaler Aggregate verschiedener Zusammensetzung zwischen neue, enge Schrankenwerte einzuschließen. Sodann wurde der Widerstand und zugleich die Leitfähigkeit des Aggregates durch eine gemeinsame, allgemeine Funktion der Widerstände bzw. der Leitfähigkeiten der Bestandteile dargestellt. Die Werte dieser Funktion liegen in ihrem ganzen Bereiche etwa in der Mitte des durch die aufgezeigten Schrankenwerte gebildeten engen Intervalles und stimmen auch mit den von Matthiesen an Metallegierungen gemessenen Werten innerhalb der experimentellen Unsicherheitsgrenzen vollkommen überein.

Herrn Geheimrat O. Wiener verdanke ich die Anregung, die so erhaltenen Ergebnisse mit experimentellen und theoretischen Ergebnissen in Vergleich zu ziehen, die er und seine Schüler auf einem ganz anderen Gebiete, nämlich bei der Untersuchung des Brechungsverhältnisses und der Dielektrizitätskonstante von Mischkörpern erhalten haben[1]).

Schon im Jahre 1902 hat O. Wiener gezeigt[2]), daß die Dielektrizitätskonstante (DK) eines geschichteten Dielektrikums sich nach den Formeln

$$\varepsilon = \vartheta_1 \cdot \varepsilon_1 + \vartheta_2 \cdot \varepsilon_2 \qquad (1)$$

bzw.

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{\vartheta_1}{\varepsilon_1} + \frac{\vartheta_2}{\varepsilon_2} \qquad (2)$$

berechnet, je nachdem der elektrische Kraftfluß den Schichtgrenzen parallel ist (1) oder auf ihnen senkrecht steht (2). Dabei bedeuten ϑ_1 und ϑ_2 die verhältnismäßigen Dicken der beiden Bestandteile, somit auch die Raumanteile derselben am Mischkörper, so daß die Beziehung gilt:

$$\vartheta_1 + \vartheta_2 = 1. \qquad (3)$$

ε_1 und ε_2 sind die Dielektrizitätskonstanten der Bestandteile und ε bezeichnet die Dielektrizitätskonstante des Mischkörpers in der betreffenden Richtung[3]).

Es sind dies, wie man unmittelbar sieht, genau die beiden äußeren Schranken, zwischen denen, wie der Verf.[4]) dargetan hat, die Leitfähigkeit eines vollkommen beliebig zusammengesetzten Leiteraggregates zweier Bestandteile liegen muß; man hat bloß in den beiden Formeln (1) und (2) die spezifischen Leitfähigkeiten der Bestandteile und des Mischkörpers an Stelle der entsprechenden Dielektrizitätskonstanten einzusetzen.

1) Auszug aus den Berichten der mathematisch-physischen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. 76. Band. Sitzung vom 24. Oktober 1924.

2) K. Lichtenecker, Physik. Zeitschr. **25**, 169, 193, 225, 1924.

1) O. Wiener, Lamellare Doppelbrechung, Physik. Zeitschr. **5**, 332, 1904. Zur Theorie der Stäbchendoppelbrechung Lpzg. Akad. Ber. **61**, 113, 1909. Die Theorie des Mischkörpers. Lpzg. Akad. Abhdlg. 1912, S. 509.

2) Vortrag, gehalten vor der Leipziger Akademie, „Zur Theorie des optischen Verhaltens von Mischkörpern mit geschichtetem Bau". Lpzg. Ber. **54**, 282, 1902.

3) Der Buchstabe ϑ der Wienerschen Abhandlungen, der sich zunächst nur auf die Dicken der Teilschichten bezog, ist hier durch den in meinen Arbeiten verwendeten Buchstaben ϑ ersetzt, der das räumliche Teilverhältnis beliebig gestalteter und gelagerter Bestandteile, somit einen beliebigen echten Bruch bezeichnet.

4) K. Lichtenecker, Physik. Zeitschr. **19**, 374, 1918.

Auf Veranlassung von O. Wiener hat dann Herr E. Ficker[1]) verschiedenartig aufgebaute Mischkörper untersucht, für die in den meisten Fällen von vorneherein zu erwarten war, daß sich die DK im allgemeinen nach keiner der beiden Wienerschen Formeln (1) und (2) ergeben könne, da es sich nicht mehr um einfach geschichtete Mischkörper, sondern um aus eingelagerten Würfeln, Kugeln, Hohlkugeln und Zylindern aufgebaute Aggregate handelte.

Da nun die äußeren Schrankenwerte für leitende und nichtleitende Mischkörper sich vollkommen analog aus den entsprechenden Werten der Bestandteile ergeben, ist es von Interesse, zu prüfen, inwieweit nun auch innerhalb dieser gemeinsamen Schranken die Ergebnisse der Untersuchung des Verfassers ex 1924 über die Leitfähigkeit bestimmter körperlicher Aggregate mit den an Mischkörpern aus Isolatoren experimentell gefundenen Verhältnissen übereinstimmen.

Im Folgenden wird diese Überprüfung auf zahlenmäßige Übereinstimmung für die einzelnen, von Herrn Ficker untersuchten Mischkörperanordnungen der Reihe nach durchgeführt.

Wir werden dabei in folgender Reihenfolge vorgehen: zunächst sind die Versuche zu behandeln, bei denen die Materialgrenzen der das Aggregat aufbauenden Bestandteile mit der Richtung des Kraftflusses zusammenfallen, was dem Grenzfall der Parallelschaltung entspricht. Zur Untersuchung gelangten Prismen aus Hartgummi in verschiedenen Anordnungen und zylindrische Säulen aus Schwefel in quadratischer Flächengitteranordnung . . . . . (I)

Bei allen übrigen Versuchen fielen die Materialgrenzen weder mit Linien des Kraftflusses, noch mit Flächen gleichen Potentials zusammen. Dabei waren zwei- und dreidimensionale Aggregate zu unterscheiden.

Als zweidimensionale Aggregate in dem hier verwendeten Sinne sind planparallele Platten von beliebiger Dicke bezeichnet, bei denen die Stromrichtung in der Plattenebene verläuft und sämtliche Materialgrenzen normal zur Plattenebene stehen. Als einziges, in diesem Sinne zweidimensionales Aggregat wurden Kreisscheiben in quadratischer Flächengitteranordnung untersucht . . . . . (II)

Die dreidimensionalen Aggregate sind entsprechend der Untersuchung des Verf. in „gleichberechtigte“ und „nicht gleichberechtigte“ zu unterscheiden. Dabei sind Aggregate als nicht gleichberechtigt bezeichnet, bei denen der eine der beiden Bestandteile ganz oder vorzugsweise im anderen, zusammenhängenden Bestandteil eingesprengt auftritt.

A. An „nicht gleichberechtigten“ dreidimensionalen Anordnungen wurden untersucht:

Eingesprengte Würfel . . . . (III)
Eingesprengte Kugeln . . . . (IV)

In beiden Fällen war die Anordnung der eingesprengten Partikel ein tesserales Raumgitter und der eingesprengte Bestandteil hatte die größere Dielektrizitätskonstante (bessere Leitfähigkeit), als die Muttersubstanz.

B. „Gleichberechtigte“ räumliche Anordnungen:

Hohlkugeln: Beide Leiter ineinander eingesprengt; Hartgummikugeln eingesprengt in Luft; Luftkugeln eingesprengt in Hartgummi . . . . . (V)

Orthogonal sich durchsetzende prismatische Stäbe: Beide Bestandteile vollkommen gleichartig und gleichberechtigt in sich zusammenhängend . . . . (VI)

Für das erste der angeführten dreidimensionalen Aggregate, eingesprengte Würfel in tesseraler Raumgitteranordnung (III), konnten die neuen, engen Schrankenwerte zum Vergleiche herangezogen werden, die der Verf. für diese Konstellation streng analytisch hergeleitet hat.

In den übrigen Fällen (IV—VI) räumlicher Anordnungen war das allgemeine Widerstandsgesetz — die logarithmische Mischungsregel — zur Prüfung heranzuziehen.

Die Sachlage ist also die: Eine im Falle III festzustellende Übereinstimmung bedeutet eine Bestätigung der Richtigkeit und Genauigkeit der Fickerschen Meßmethode; die dann weiter festzustellende Übereinstimmung in den Fällen IV bis VI liefert umgekehrt eine Bestätigung des vom Verf. aufgestellten Widerstandsgesetzes durch die im Falle III erhärtete Fickersche Experimentalmethode.

Ein besonderes Interesse wendet sich dabei naturgemäß den letztbehandelten Fällen V und VI zu, weil es sich dabei um „gleichberechtigte“ Aggregate handelt, für welche das logarithmische Mischungsgesetz unmittelbar und ohne Korrekturen in Anwendung zu bringen ist.

Es sei bei dieser Gelegenheit gestattet, das in der mehrfach angezogenen Arbeit des Verf. aufgestellte „logarithmische Mischungsgesetz“ für zwei- und dreidimensionale Aggregate in einer Form mitzuteilen, die der Gleichberechtigung der Bestandteile am Aggregat und der Homogenität der Gleichung vollkommen Rechnung trägt.

1) Leipziger Diss. 1909.

Tabelle.

Dielektrizitätskonstante der Mischkörper, berechnet und gemessen.

		Mischungsregel (Newton)	Formel nach Lorenz	Formel nach Wiener	Fickers Messung	Das neue strenge Intervall	Log. Mischungsregel
Geschicht. Aggregate	Parallelschaltung (I)	1,89 1,89	—	—	1,89 1,86	—	—
Zweidim. Aggregate	Kreisscheiben (II)	(3,33)	(2,89)	(2,73)	(2,69)	—	(2,80) [1]
Dreidim. Aggregate „nicht gleichberechtigte“	Würfel (III)	1,91 1,23	1,70 1,15	— —	1,73 1,15	1,66 bis 1,74 1,12 „ 1,18	— —
	Kugeln (IV)	1,95	1,74	—	1,73	—	1,74
„gleichberechtigte“	Hohlkugeln (V)	1,43	1,29	—	1,32	—	1,31
	Säulendurchdringung (VI)	1,88	1,67	—	1,73	—	1,72

Sind

w_1 und w_2 die spezifischen Widerstände,

λ_1 „ λ_2 die spezifischen Leitfähigkeiten,

ferner ϑ_1 „ ϑ_2 die Raumanteile der beiden Bestandteile (1) und (2), so gilt für zweidimensionale „gleichberechtigte“ Aggregate

$$w = w_1^{\vartheta_1} w_2^{\vartheta_2}$$

und daher auch gleichzeitig

$$\lambda = \lambda_1^{\vartheta_1} \lambda_2^{\vartheta_2}.$$

Für dreidimensionale Aggregate tritt diesem Wert gegenüber eine geringe Erhöhung der spezifischen Leitfähigkeit (der DK) ein, die dargestellt werden kann durch reduzierte Raumverhältnisse Θ_1 und Θ_2:

$$w = w_1^{\Theta_1} w_2^{\Theta_2}$$

und gleichzeitig

$$\lambda = \lambda_1^{\Theta_1} \lambda_2^{\Theta_2}.$$

Das dreidimensionale Aggregat verhält sich wie ein zweidimensionales, bei welchem der besser leitende Bestandteil (1) einen etwas größeren und der schlechter leitende Bestandteil (2) einen etwas kleineren Raumanteil am Aggregat hat gemäß der Gleichungen:

$$\Theta_1 = \vartheta_1 + \vartheta_1 \vartheta_2 \varkappa,$$
$$\Theta_2 = \vartheta_2 - \vartheta_1 \vartheta_2 \varkappa,$$

so daß wieder:

$$\Theta_1 + \Theta_2 = 1,$$

d. h.: die Summe der reduzierten Raumanteile ist wieder gleich der Einheit. Dabei ist die kleine Größe $\varkappa$ zu bestimmen aus der Abweichung des Aggregatwiderstandes w eines 50proz. Aggregates [2]) beider Bestandteile vom geometrischen Mittel

$$\sqrt{w_1 w_2}.$$

In der obenstehenden Tabelle finden sich die nach den verschiedenen Formeln berechneten und die von Ficker gemessenen Werte der DK der Mischkörper zusammengestellt. Es sei hinzugefügt, daß die hier verwendeten Meßergebnisse nicht etwa willkürlich herausgegriffen sind, sondern das ganze, von Ficker selbst aus seinen Versuchen hergeleitete Zahlenmaterial umfassen.

Ergebnis.

1. Die in der vorliegenden Mitteilung untersuchte Analogie zwischen leitenden und nichtleitenden Mischkörpern besteht in vollem Umfange.

2. Die von Ficker auf Veranlassung von O. Wiener gemessenen Werte erfahren eine Bestätigung insofern, als sie sehr gut innerhalb der neuen, vom Verf. aufgestellten engen Schranken liegen, wo diese bestimmt sind.

3. Die vom Verf. aufgestellte „allgemeine Widerstandsfunktion“ (logarithmische Mischungsregel) für zwei- bzw. dreidimensionale Aggregate stimmt mit den von Ficker experimentell gefundenen Werten ausnahmslos überein.

1) Die Werte dieser Zeile beziehen sich auf Schwefel—Luft-Aggregate, alle anderen Zeilen auf Hartgummi—Luft-Aggregate, bei denen die erreichte Genauigkeit wegen der größeren Homogenität des Materials wesentlich größer war.

2) K. Lichtenecker, Physik. Zeitschr. 10, 1005, 1909.

Die Differenz beträgt in allen Fällen jedenfalls weniger als 1 Prozent. Sie bleibt damit innerhalb der Fehlergrenze der experimentell gefundenen Werte.

4. Die Formel von Lorenz-Lorentz liefert mit den von Ficker gemessenen und nach der logarithmischen Mischungsregel berechneten Werten Übereinstimmung bei denjenigen Aggregaten, bei denen der Bestandteil mit größerer DK (mit besserer Leitfähigkeit) eingesprengt auftritt, dagegen liefert die Formel von Lorenz-Lorentz zu niedrige Werte, wenn beide Bestandteile des Mischkörpers eingesprengt oder wenn beide zusammenhängend im Aggregate auftreten, also in dieser Beziehung als „gleichberechtigt" bezeichnet werden können.

5. Die von Wiener für den Fall von in quadratischer Gitteranordnung eingesprengten Kreisscheiben aufgestellte Formel liefert einen Wert, der zwischen dem von Ficker gemessenen und dem aus der allgemeinen Widerstandsfunktion sich errechnenden Werte liegt.

Zum Schlusse sei noch auf zwei wichtige, aus der Abhandlung von O. Wiener: „Die Theorie des Mischkörpers" sich ergebende Punkte eingegangen.

I. Ein theoretischer Vorzug der logarithmischen Mischungsregel vor der Formel von Lorenz-Lorentz.

Mit Recht hebt O. Wiener[1]) hervor, daß die Formel von Lorenz-Lorentz[2]) schon deshalb gar nicht allgemein richtig sein kann, weil sie einem einfachen Satze der Elektrostatik widerspricht, dem Satze nämlich, daß die DK des Mischkörpers den m-fachen Wert annehmen muß, wenn man die DK der Bestandteile ver-m-facht.

Demgegenüber wird die „logarithmische Mischungsregel" diesem elektrostatischen Satze streng gerecht.

Ist

$$\log \varepsilon = \vartheta_1 \log \varepsilon_1 + \vartheta_2 \log \varepsilon_2$$

oder

$$\varepsilon = \varepsilon_1^{\vartheta_1} \cdot \varepsilon_2^{\vartheta_2}$$

und setzt man

$$\varepsilon_1' = m\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2' = m\varepsilon_2,$$

so erhält man:

$$\varepsilon' = m^{\vartheta_1} \varepsilon_1^{\vartheta_1} \cdot m^{\vartheta_2} \varepsilon_2^{\vartheta_2} = m^{\vartheta_1 + \vartheta_2} \cdot \varepsilon_1^{\vartheta_1} \varepsilon_2^{\vartheta_2} = m \cdot \varepsilon,$$

da ja die Summe der Raumanteile beider Bestandteile, $\vartheta_1 + \vartheta_2$, gleich Eins ist.

Man sieht unmittelbar, daß der oben ausgesprochene elektrostatische Satz nicht bloß für zweidimensionale Aggregate erfüllt ist („Stäbchenaggregate"), sondern für beliebige dreidimensionale Aggregate, bei denen beide Bestandteile gleichberechtigt am Aufbau des Mischungskörpers teilnehmen.

Für solche dreidimensionale Aggregate gilt nämlich:

$$\varepsilon = \varepsilon_1^{\Theta_1} \cdot \varepsilon_2^{\Theta_2},$$

wo Θ_1 und Θ_2 die „reduzierten Raumanteile" bedeuten. Da nun auch

$$\Theta_1 + \Theta_2 = 1,$$

so folgt aus

$$\varepsilon_1' = m\varepsilon_1 \text{ und } \varepsilon_2' = m\varepsilon_2$$

auch hier:

$$\varepsilon' = m^{\Theta_1} \cdot \varepsilon_1^{\Theta_1} \cdot m^{\Theta_2} \cdot \varepsilon_2^{\Theta_2} = m\varepsilon.$$

II. Zwei Grenzwerte von O. Wiener und der Wert für die DK nach der Methode des Verfassers vom Jahre 1909.

Eine besonders weitgehende Bestätigung der vom Verf. in seiner Abhandlung aus dem Jahre 1909 ausgeführten Berechnungsweise von Mischkörpern mit gleichen Raumanteilen

$$\vartheta_1 = \vartheta_2 = 50 \text{ Proz.}$$

ergibt sich durch den Vergleich mit dem Ergebnis zweier Formeln, die O. Wiener auf Grundlage eines von Poisson stammenden Rechnungsverfahrens abgeleitet hat[1]). Diese Formeln

$$\frac{\varepsilon_m - \varepsilon_2}{\varepsilon_m + 2\varepsilon_2} = \vartheta_1 \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2}, \quad \frac{\varepsilon_m - \varepsilon_1}{\varepsilon_m + 2\varepsilon_1} = \vartheta_2 \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 + 2\varepsilon_1}$$

ergeben für die Annahme, daß $\vartheta_1 = \vartheta_2 = \frac{1}{2}$ und $\varepsilon_1 = 2$, $\varepsilon_2 = 1$ ist,

falls der Körper mit größerer DK eingesprengt ist (besserer Leiter) . . . . . $\varepsilon_m = 1{,}429$,

falls der Körper mit kleinerer DK eingesprengt ist (schlechterer Leiter) . . . . . $\varepsilon_m = 1{,}454$.

Für das räumliche Schachbrettmodell, also einen 50proz. Mischkörper, bei dem der eine Bestandteil genau ebenso im zweiten eingesprengt ist, wie umgekehrt, ergibt sich nach dem Verfahren des Verf. vom Jahre 1909 aus der dort abgeleiteten Formel[2]):

$$\frac{1}{\varepsilon} = w = \frac{2w_1 w_2}{w_1 + w_2}(1 + 2h(v - 1) - 4h^2 v)$$

für die DK des obigen Mischkörpers der Wert

1) O. Wiener, Die Theorie der Mischkörper. Abh. d. Kgl. Sächs. Akad. d. Wiss. **32**, 511, 1912.
2) H. A. Lorentz, Wied. Ann. **9**, 641, 1880.

1) O. Wiener, a. a. O. S. 515 ff.
2) K. Lichtenecker, Physik. Zeitschr. **10**, 1005, 1909. Hierbei bezeichnet v das Verhältnis der beiden Widerstände, bzw. der beiden DK, und h kennzeichnet die Tiefe, auf welche die Stromfäden über die Materialgrenzen hinaus in den besseren Leiter eindringen.

$\varepsilon = 1{,}438$, also ein Wert in der Mitte des nur $1^1/_2$ Proz. betragenden Wienerschen Intervalls[1]).

1) Herr Esmarch hat nunmehr (Physik. Zeitschr. **25**, 484, 1924) ausdrücklich hervorgehoben, daß seine von mir (Physik. Zeitschr. **25**, 169, 1924) als theoretisch unmöglich beanstandete Meßreihe „offenbar systematische Fehler" enthält, während seine übrigen Meßreihen sich dem von mir aufgezeigten engen Intervall voll einordnen, so daß nunmehr „erfreuliche Übereinstimmung zwischen Rechnung und Experiment herrsche".
Ferner gesteht Herr Esmarch nunmehr selbst zu, daß die einzelnen, von ihm gemessenen Werte um 2 Proz. und mehr ihres Betrages im Diagramm schlottern können. Das von mir aufgezeigte enge Intervall, innerhalb dessen der Widerstand des Aggregates liegen muß, beträgt aber für die in Rede stehenden Verhältnisse nur 1,3 Proz. Es war daher voll berechtigt, zu sagen, daß die Leistungsfähigkeit der analytischen Untersuchung nunmehr auch diese Versuche bereits überholt hat.

Reichenberg, 5. August 1924.

(Eingegangen 15. November 1924.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 88. VERSAMMLUNG DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE IN INNSBRUCK.

H. Liebster und L. Schiller (Leipzig), Kinematographische Messungen der Fallbewegung von Kugeln in zäher Flüssigkeit, auch in nächster Nähe einer Wand[1]).

Während durch neuere Göttinger Versuche[2]) der Verlauf des Widerstandskoeffizienten für die Kugel im Bereich der Reynoldsschen Zahl ($R = \frac{v\,d}{\nu}$, v = Geschwindigkeit, d = Durchmesser, ν = kinematische Zähigkeit) 10^3 bis 10^6 wohl recht gut festgelegt ist, ist im Bereich der kleineren R-Werte das Material noch lückenhaft und teilweise mit ziemlichen Streuungen behaftet. Wir haben es deswegen unternommen, in dem Gebiete kleiner R-Werte von 0,04 bis 10^3 mit Hilfe einer kinematographischen Methode an fallenden Kugeln neue Bestimmungen auszuführen. Das Gebiet der kleinsten R-Werte ist hierbei noch von besonderem theoretischem Interesse, da es für die Prüfung der interessanten neueren Oseenschen Theorie in Frage kommt, wie sie für die Kugel neuerdings durch Faxén weiter ausgebaut wurde.

Als Fallobjekt dienten fast durchweg Stahlkugeln von 0,1 bis 0,7 cm Durchmesser; Abweichungen von der Kugelform lagen auch bei den kleinsten unter $^1/_2$ Proz. des Durchmessers. Das verhältnismäßig hohe spezifische Gewicht der Kugel und die entsprechende höhere Fallgeschwindigkeit bietet den Vorteil, daß ungewollte Strömungen dagegen zurücktreten. Als flüssige Medien dienten Glyzerin, Zuckerlösungen und Wasser (kinem. Zäh. zwischen 0,005 und 4,1). Als Versuchsgefäß diente vorwiegend ein Trog mit 4 Glasfenstern und den Abmessungen $8 \times 8 \times 26$ cm³. Im Bedarfsfalle konnte dieses Gefäß zur besseren Erhaltung der Temperatur noch in ein weiteres Wasserbad gestellt werden. Temperaturschwankungen während eines Versuchs maximal 0,1°. Die Zeitregistrierung wurde in ähnlicher Weise wie in der Göttinger Dissertation von Hirsch mit Hilfe eines rotierenden Zeitrades mit feststehendem Zeiger vollzogen, das mit aufgenommen wurde und dessen volle Umläufe mit einem Chronographen festgelegt wurden. Als Aufnahmeapparat[1]) diente ein Ernemannapparat Modell A, Objektiv Ernemann Anastigmat „Ernon" 1:3,5, $f = 8$ cm; die Aufnahmegeschwindigkeit betrug 20 bis 40 Bilder in der Sekunde. Als heller Hintergrund diente eine durch Bogenlampe beleuchtete weiße Fläche.

Die Ergebnisse der Fallversuche sind in der bei aërodynamischen Versuchen üblichen Weise in Fig. 1 in dimensionslosen Koordinaten logarithmisch dargestellt. Abszisse Reynoldssche Zahl (Kennziffer) $\frac{v\,d}{\nu}$, Ordinate Widerstandskoeffizient $\psi = \frac{2\,W}{\rho r^2 \pi v^2}$ (W = Widerstand, r = Halbmesser). Was zunächst den Bereich größerer R-Werte anlangt, so ergeben unsere Versuche befriedigenden Anschluß an die ebenfalls eingezeichneten Versuche von Allen, Wieselsberger und Schmidt. Allerdings ist die Streuung um $R = 1000$ herum verhältnismäßig groß, was vielleicht damit zusammenhängt, daß in dieser Gegend der Übergang zur Strömung mit Wirbelablösung liegen dürfte. Eine Nachrech-

1) Vorgetragen von L. Schiller auf der 88. Naturforscherversammlung in Innsbruck am 24. Sept. 1924.

2) C. Wieselsberger, Weitere Feststellungen über die Gesetze des Flüssigkeits- und Luftwiderstandes. Diese Zeitschr. **23**, 219, 1922, und L. Prandtl, Ergebnisse der aërodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen, II. Lieferg., 28, 1923.

1) Der Apparat wurde uns durch die Helmholtz-Gesellschaft zur Verfügung gestellt, wofür auch hier unser Dank ausgesprochen werde.

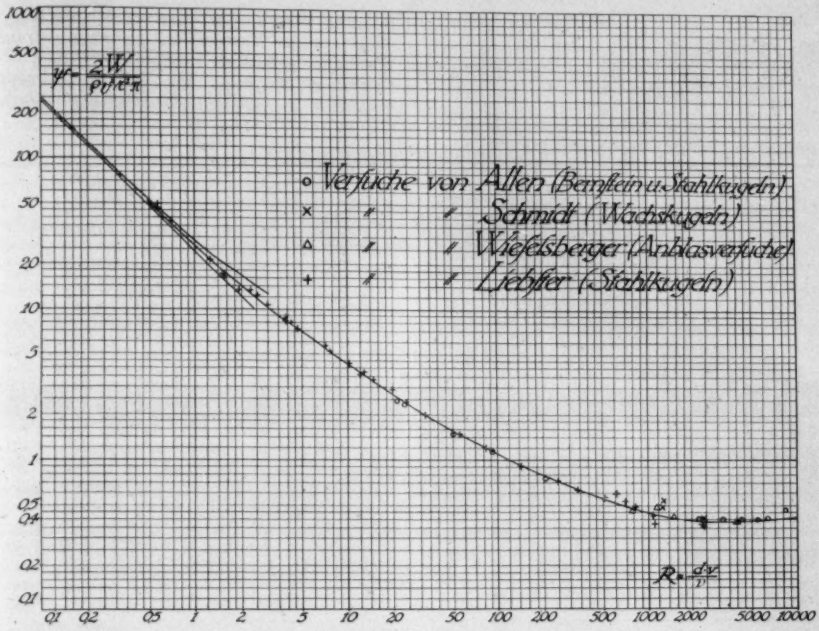


Fig. 1.

nung der Allenschen Versuche in dieser Gegend brachte diese übrigens besser in Einklang mit den übrigen Versuchen, als bei Wieselsberger angegeben.

Bei kleinen R-Werten finden sich noch die beiden für dieses Gebiet aufgestellten Theorien eingezeichnet, die Stokessche Gerade und die Oseensche Widerstandskurve. Um den eingezeichneten Versuchspunkten einerseits universelleren Charakter zu verleihen und gleichzeitig im Rahmen der Figur einen Vergleich mit der Theorie zu ermöglichen, war es hier nötig, die ψ-Werte nicht einfach der obigen Definition folgend einzusetzen, sondern sie erst durch Berücksichtigung des Wandeinflusses auf unendliches Medium umzurechnen, da sowohl die Stokessche als auch die Oseensche Gleichung nur hierfür Gültigkeit hat. Es kann sich hierbei nur um mehr oder weniger zutreffende Schätzung handeln, da die theoretischen Grundlagen in beiden Fällen (für Stokes durch Lorentz-Ladenburg, für Oseen durch Faxén) nur für zylindrische Wandung vorliegen und wir mit einem rechteckigen Trog arbeiteten. In Fig. 1 sind die experimentellen ψ-Punkte nach Oseen-Faxén auf unendliches Medium umgerechnet. Im Durchschnitt liegen bis $R = 0{,}7$ (höher darf Übereinstimmung nicht erwartet werden) die experimentellen Werte etwas unter den Oseenschen[1]). In Fig. 2 sind entsprechend die Versuchswerte nach Stokes-Lorentz-Ladenburg auf unendliches Medium umgerechnet. Hier liegen die Versuchswerte durchschnittlich etwas zu hoch. Nimmt man noch eine weitere Reduktion wegen des Boden- und Deckeneinflusses vor in der Art, wie es von Ladenburg geschehen ist, so ergeben sich die Werte der

1) Zusatz bei der Korrektur: Da infolge Verkleinerung der Fig. 1 in der Wiedergabe die Versuchswerte bei kleinen R etwas undeutlich sind, seien im Folgenden die Zahlenwerte für R, ψ_{exp} und die zugehörigen Werte der Oseenschen Kurve als ψ_{os} wiedergegeben:

$R = 0{,}1355$	0,160	0,316	0,511	0,566	0,568	0,681
$\psi_{exp} = 179{,}4$	156,8	78,3	47,8	47,8	45,0	37,8
$\psi_{os} = 181{,}8$	154,5	80,3	51,5	48,4	46,8	39,8
$R = 1{,}530$	1,492	1,927				
$\psi_{exp} = 16{,}44$	16,87	13,23				
$\psi_{os} = 20{,}24$	20,60	16,94				

Die Tabelle enthält gleichzeitig gegenüber der Figur zwei Richtigstellungen für ψ_{exp} bei $R = 0{,}566$ und 0,568. Für die gleichen R sind in Figur 3 die Oseen-Faxénwerte (Kreuze) zu verbessern in 46,1 und 43,6.

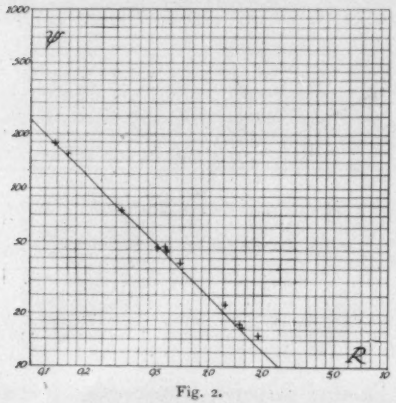


Fig. 2.

Fig. 3. In diesem Fall verschiebt sich das Bild zugunsten der Stokesschen Gleichung. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß besonders dieser Teil der Ladenburgschen Theorie nicht unwidersprochen ist.

Weitere Versuche dienten der unmittelbaren Ermittelung des Wandeinflusses bei großer

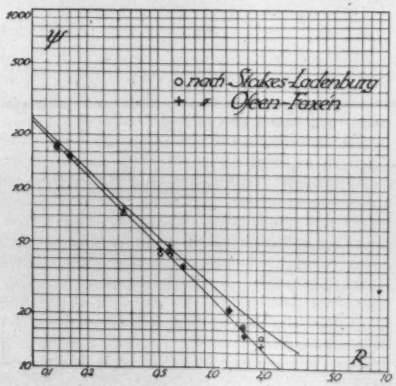


Fig. 3.

Wandnähe. Da bei völlig senkrechter Wand infolge der Wandabstoßung sich die Kugel bald in einen wenig wirksamen Bereich entfernt, wurde mit ganz schwachen Wandneigungen (1 bis 2 Grad) gearbeitet. Es besteht dann im Idealfall der Parallelbewegung zur Wand Gleichgewicht zwischen der abstoßenden Kraft und der entsprechenden Schwerkraftkomponente. Gewöhnlich näherte oder entfernte sich die Kugel etwas von der Wand, jedoch so wenig, daß die Bewegung wohl noch als Parallelbewegung behandelt werden darf. Die Versuchsergebnisse zeigt Tab. I. Sie enthält Kugeldurchmesser,

Tab. I.

Nr	d_{cm}	ζ_{cm}	R	W_F	W_L	W_S	W
1a	0,0961	0,163	0,163	0,288	0,279	0,286	0,298
b	0,0961	0,110	0,141	0,287	0,267	0,282	0,298
2a	0,1023	0,109	0,223	0,344	0,320	0,340	0,360
b	0,1023	0,088	0,217	0,368	0,326	0,356	0,360
3a	0,1023	0,105	0,226	0,348	0,320	0,341	0,360
b	0,1023	0,104	0,213	0,328	0,302	0,324	0,360
4a	0,1503	0,116	0,449	1,280	1,086	1,207	1,142
b	0,1503	0,095	0,383	1,388	0,972	1,150	1,142
5a	0,1503	0,150	0,563	1,139	1,023	1,090	1,142
b	0,1503	0,110	0,470	1,138	0,934	1,058	1,142
6	0,1503	0,161	0,475	1,130	1,005	1,068	1,142
7a	0,1510	0,159	0,728	1,132	1,000	1,064	1,160
b	0,1510	0,146	0,685	1,096	0,960	1,032	1,160
8a	0,1510	0,280	0,816	1,162	1,045	1,066	1,160
b	0,1510	0,312	0,807	1,172	1,050	1,065	1,160
9	0,1503	0,387	0,610	1,101	1,024	1,037	1,142
10a	0,1988	0,238	1,70	3,00	2,24	2,35	2,64
b	0,1988	0,283	1,75	3,06	2,24	2,32	2,64
11a	0,1988	0,281	1,73	3,05	2,26	2,34	2,64
b	0,1988	0,323	1,77	3,07	2,26	2,32	2,64
12	0,1988	0,339	1,23	2,94	2,46	2,52	2,64
13a	0,1988	0,373	1,15	2,97	2,51	2,56	2,64
b	0,1988	0,406	1,15	2,96	2,50	2,53	2,64
14	0,1988	0,514	1,36	2,78	2,23	2,25	2,64

Wandabstand, Reynoldssche Zahl, die Widerstandswerte nach den Theorien von Faxén, Lorentz und Stock und schließlich den experimentell gefundenen Widerstand. In der ersten und zweiten Gruppe der kleineren und mittleren Kugeln erweist sich die Faxénsche Theorie entschieden überlegen. In der dritten Gruppe der größeren Kugeln liegt Faxén zu hoch, die beiden anderen zu niedrig. Jedoch sind hier die Reynoldsschen Zahlen schon ziemlich hoch, so daß die Voraussetzungen der Theorie nicht mehr restlos erfüllt sind.

W. Schottky (Rostock), Vorführung eines neuen Lautsprechers. I. (Gekürzt vorgetragen.)

Der Apparat, den wir Ihnen vorführen wollen, ist der sogenannte Bandlautsprecher, der von Herrn E. Gerlach und mir im Zentrallaboratorium des Wernerwerks der Siemens & Halske-A.-G. entwickelt worden ist. Gestatten Sie, daß ich Ihnen zunächst über die Gedankengänge berichte, die uns zu dieser Konstruktion geführt haben; über den schwierigeren Teil unseres Weges, die praktische Durchbildung des

Apparates, wird dann Herr Gerlach einige Angaben machen.

Der Grundgedanke, von dem wir im Anfang unserer Versuche, im Herbst 1920, ausgingen, war der einer „luftleichten" Membran, einer Membran, die im wesentlichen nur auf Luft arbeiten sollte, bei der also sowohl die elastischen Kräfte wie die Massenträgheit kleiner sein sollte als die Reaktionskräfte, die die in Bewegung gesetzte Luft (bei freier Schallausbreitung) auf die Membran ausübt. Diese Forderung ist damals keineswegs zum erstenmal erhoben worden; wir erfahren z. B., daß schon während des Krieges von Prof. Gerdien ein elektrostatischer Lautsprecher nach diesem Gesichtspunkt konstruiert wurde, und ebenso ergibt sich diese Forderung aus den zunächst für Wasserschallapparate ausgeführten Untersuchungen von Hahnemann und Hecht. Was uns damals zu Versuchen in dieser Richtung veranlaßte, waren vor allem die schlechten Erfahrungen, die wir mit schweren Membranen gemacht hatten; mochten wir diese Membranen direkt oder unter Verwendung von Übertragungen, Resonanzböden, vielfachen Abstimmungen anregen, immer hatten wir mit starken Selektivitäten, Nachhallen, Oberschwingungen zu kämpfen, die sich bei dem frei strahlenden Lautsprecher noch viel unangenehmer bemerkbar machen als bei den ans Ohr gepreßten Telephonen.

Für die Verwirklichung des Prinzips der luftleichten Membran standen zwei Wege zur Verfügung, die den Vorteil der Einfachheit mit dem einer völlig gleichmäßig angreifenden Membrankraft verbanden. Gefordert wurden — wir kommen darauf noch zurück — Membrangewichte von einigen mg pro qcm, d. h. bei Verwendung von Metallfolien Dicken von der Größenordnung 5—10 μ. Solche Folien konnte man entweder in ein starkes elektrostatisches Feld bringen und durch abwechselnd positive und negative Aufladung hin und her bewegen (elektrostatisches Telephon) oder in einem starken Magnetfeld ausspannen und quer zur Richtung der Kraftlinien gleichmäßig von einem Wechselstrom durchfließen lassen. Für das erste Verfahren ergaben Rechnung und Versuch unter den bequem erreichbaren Bedingungen einen schlechteren Wirkungsgrad und geringere Grenzlautstärken als für das zweite; wir sind also durch eine Art von negativem Ausleseprozeß auf das Prinzip des Bandsprechers geführt worden, das sich dann auch, dank der von Herrn Gerlach geleisteten Entwicklungsarbeit, als brauchbar erwiesen hat.

Wenn ich mich jetzt der Theorie des stromdurchflossenen Bandes im Magnetfelde, der Theorie des Bandsprechers und Bandmikrophons, zuwende, so habe ich auch da früherer Versuche auf diesem Gebiet zu gedenken, die uns während unserer Entwicklungsarbeit an dem Apparat zur Kenntnis gekommen sind. Vor allem ist hier M. Reinganum in Freiburg zu nennen, der schon in der Physikalischen Zeitschrift 1910 ein „Folientelephon" beschreibt, das aus einem dünnen stromdurchflossenen Aluminiumblatt besteht, welches allseitig auf einem Rahmen aufgeklebt und in ein starkes Magnetfeld gebracht wurde. Kurz vor dem Kriege haben unabhängig von Reinganum die Herren H. Herrmann und W. Kunze in Halle für physiologische Versuche mit dem Prinzip gearbeitet und die Hintereinanderschaltung mehrerer stromdurchflossener Bänder zum Patent angemeldet[1]). die wichtigsten Vorzüge des Bandsprechers: sanftes Arbeiten, Fehlen ausgesprochener Eigenschwingungen, sind von Reinganum und diesen Autoren bereits richtig erkannt worden; die gute Wirksamkeit des Bandsprechers und Bandmikrophons ist aber doch an Bedingungen gebunden, die keineswegs allein mit den seither erzielten Fortschritten der Verstärkertechnik zusammenhängen. Diese Bedingungen, die zum Teil eine über unseren speziellen Apparat hinausgehende Bedeutung haben, möchte ich Ihnen jetzt kurz charakterisieren.

Es wurde schon bemerkt, daß es zur Erzielung eines möglichst guten und gleichmäßigen Wirkungsgrades notwendig ist, sowohl die elastischen Kräfte wie die Massenträgheit der benutzten Membran möglichst klein gegen die Reaktionskräfte der in Bewegung zu setzenden Luft zu machen. Es genügt also nicht, daß man etwa die Grundschwingung der Membran möglichst tief legt und dabei mit verhältnismäßig schweren Massen arbeitet; man muß vielmehr mit sehr leichten Massen arbeiten und die Eigenelastizität und die Spannung der Membran trotzdem so gering wählen, daß die Eigenschwingung bei tiefen Frequenzen liegt. Dies läßt sich durch geeignete Hilfsmittel (vgl. den folgenden Vortrag von Herrn E. Gerlach) erreichen; wir können also das Problem vereinfachen, indem wir die elastischen Kräfte überhaupt vernachlässigen und nur die Massenträgheit der Membran in Betracht ziehen. Dann ergibt sich für das Frequenzgebiet, in dem die Membran eine gute Wirksamkeit zeigt, eine obere und eine untere Grenze, die beide von ganz verschiedenen Faktoren abhängen.

Die obere Grenze der guten Wirksamkeit ist tatsächlich durch die Masse der Membran gegeben. Den anschaulichsten Ausdruck für

1) Auf diese letzteren Arbeiten hat in Innsbruck Herr Dr. Herrmann in der Diskussion hingewiesen.

die Rolle der Membranmasse erhält man, wenn man diese Membranmasse pro Oberflächeneinheit durch die Höhe einer äquivalenten über der Membran errichtet gedachten Luftsäule von 1 qcm Basis ausgedrückt denkt. Da 1 qcm Luft 1,3 mg wiegt, ist die äquivalente Luftlänge l_0 einer Membran gegeben durch:

$$l_0 = \frac{s \cdot d}{1{,}3 \cdot 10^{-3}} \text{ cm},$$

wobei s das spezifische Gewicht, d die Dicke der Membran in Zentimetern ist. Für eine Aluminiummembran von 5 μ Dicke ($s = 2{,}9$, $d = 5 \cdot 10^{-4}$ cm) wird beispielsweise $l_0 = \frac{2{,}9 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{1{,}3 \cdot 10^{-3}} = 1{,}1$ cm; für die Eisenmembran des normalen Fernhörers ergibt sich eine Äquivalentlänge von etwa 83 cm, für die des normalen Magnetlautsprechers sogar von etwa 250 cm. Diese Länge l_0 ist nun zu vergleichen mit der durch 2π dividierten Wellenlänge der zu übertragenden Frequenz, die wir, da sie ungefähr den Bereich wiedergibt, in dem in der fortschreitenden Welle die Amplitude noch als gleichphasig angesehen werden kann, als „Phasenlänge" der betreffenden Welle bezeichnen wollen; für diese mit l zu bezeichnende Phasenlänge gilt also:

$$l = \frac{\lambda}{2\pi}.$$

Die Regel, die die Wirksamkeit eines Membransprechapparates nach oben begrenzt, ist nun einfach die, daß der Apparat zu versagen beginnt für Frequenzen, für die $l < l_0$ ist. Nun hängt die Frequenz n mit der Phasenlänge l durch die Beziehung zusammen:

$$n = \frac{a}{2\pi l} \quad (a \text{ Schallgeschwindigkeit}) = \frac{5460}{l}.$$

Die oberen Grenzen der guten Wirksamkeit ergeben sich also für freistrahlende Membranen von der angegebenen Äquivalentenlänge zu etwa $n = 6000$, $n = 650$ und $n = 200$ Hertz. Aus dieser einfachen Überlegung geht hervor, daß hohe Töne, Konsonanten und Zischlaute nur von „luftleichten" Membranen im natürlichen Verhältnis zu den tieferen Tönen übertragen werden können[1]).

Die untere Grenze der Wirksamkeit eines frei ausstrahlenden Sprechapparates hängt jedoch von einer ganz anderen Größe ab, die wir als den Divergenzradius der Welle unmittelbar über der Membran bezeichnen möchten. Die Einführung dieses Maßes beruht auf dem Vergleich der von der Membran ausgehenden Schallausbreitung mit der einer Kugelwelle, die von einer pulsierenden kugelförmigen Membran ausgeht. In beiden Fällen kann man untersuchen, wie der für die Schallausbreitung in Frage kommende Querschnitt mit der Entfernung von der Membran zunimmt, und wenn innerhalb einer Phasenlänge Entfernung von der Membran dieses Ausbreitungsgesetz nicht allzu unregelmäßig ist, so kann man es durch eine einzige Konstante charakterisieren, nämlich eben den Radius der Kugel, die eine Welle mit gleicher Divergenz ausstrahlen würde.

Dieser Divergenzradius ist nun für Membranen, deren Abmessungen klein gegen die wiederzugebenden Wellenlängen sind und die nicht in Wände oder Trichter eingebaut sind, außerordentlich klein. Bei der in eine starre Wand eingebauten Kolbenmembran von mittlerer Größe hängt der Divergenzradius von der Frequenz ab; er zeigt für Wellenlängen, die mit den Membranabmessungen vergleichbar sind, unregelmäßige Schwankungen, um bei noch tieferen Frequenzen dann konstant zu werden. Für Membranen, die klein gegen die wiederzugebenden Wellenlängen sind, ist der einzige Weg, zu frequenzunabhängigen und genügend großen Divergenzradien zu gelangen, die Benutzung trichterförmiger Ansätze; die Membran muß auf dem Grunde eines Trichters, im engsten Anschluß an dessen Wände schwingen, wenn die Divergenz der Welle nicht zu groß, der Divergenzradius nicht zu klein werden soll.

Nach dieser „Transformation auf Kugelwellen" läßt sich die Bedeutung des Divergenzradius für die Wirksamkeit eines Schallapparates bei tiefen Frequenzen ohne weiteres aus der Theorie der Kugelwelle ableiten, wie sie 1916 von Hahnemann und Hecht formuliert wurde[1]). Die Wirksamkeit einer Kugelmembran beginnt bei Frequenzen zu versagen, bei denen die Phasenlänge l größer wird als der Divergenzradius R. Gut erreichbar sind mit kurzen Trichtern Divergenzradien 3—5 cm, mit Trichtern von Meterlängen 30 cm und darüber; frei gespannte Bändchen von 1 cm Breite würden dagegen, soweit man bei ihnen überhaupt von einer kugelartigen Ausbreitung sprechen kann, nur Divergenzradien von Bruchteilen eines Zentimeters haben.

1) Die bei schwereren Membranen verwendete Verengung der Schallführung unmittelbar vor der Membran vermag die Schwere der Membran allerdings bis zu einem gewissen Grade auszugleichen. Dadurch wird aber der Wirkungsgrad in anderen Bereichen herabgedrückt, der anzuwendende Trichter verengt, verlängert usw. Das absolute Optimum für einen großen Frequenzbereich liegt bei der luftleichten Membran.

1) Ich darf bemerken, daß wir selbst durch eine Korrespondenz mit Prof. Aigner-Wien sehr in der Durchdringung der maßgebenden akustischen Verhältnisse gefördert worden sind.

So sehen wir also das Gebiet, in dem ein Lautsprecher eine gute Wirksamkeit entfalten kann, von zwei Seiten bedroht; bei den tiefen Frequenzen ist es die Scylla des Divergenzradius, bei den hohen die Charybde der äquivalenten Phasenlänge der Membran. Der Lautsprecher gibt — bei im übrigen richtig gewählten Verhältnissen — das Gebiet $R > l > l_0$ gut und gleichmäßig wieder, darüber und darunter beginnt er, wenn auch zunächst noch nicht sehr rapide, zu versagen. Die Zahl der gut wiedergegebenen Oktaven ist also durch das Verhältnis $\frac{R}{l_0}$ gegeben; nehmen wir auf jeder Seite noch eine Oktave hinzu, so erhalten wir $p = \frac{\log R/l_0}{\log 2} + 2$ annähernd gleichmäßig wiedergegebene Oktaven[1]). Mit dem Bändchen läßt sich $l_0 = 1$ cm, $R = 10$ cm leicht erreichen, wir haben also hier wenigstens $p =$ ca. 5,5

Von den Schwierigkeiten, die die Verwendung sehr dünner Membranen in mechanischer Beziehung bietet, und die noch nicht vollständig überwunden sind, will ich hier nicht sprechen, und ebensowenig über das Problem, die elastischen Hemmungen einer solchen Membran genügend zu reduzieren; über die Maßnahmen, die speziell bei unserem Apparat angewandt worden sind, wird Herr Gerlach einiges angeben. Ich möchte nur noch kurz einiges über die theoretisch errechneten Wirkungsgrade sagen. Diese hängen natürlich nicht nur von der Umsetzung der an der Membran angreifenden Kraft in Schallbewegung ab, sondern auch noch von dem Grade, in dem es gelingt, eine gegebene elektrische Wechselstromenergie zu Kraftwirkungen auf die Membran nutzbar zu machen. Glücklicherweise lassen sich die Verhältnisse hier theoretisch vollkommen übersehen; man findet, daß es wesentlich der Widerstand des Bändchens und die Stärke des Magnetfeldes sind, welche den Wirkungsgrad bestimmen. Da die Masse des Bändchens mit der Dicke wächst, der Widerstand jedoch abnimmt, existiert ein Optimum für die Bändchendicke. Wählt man dieses, so ergeben sich unter Vernachlässigung von Reibungsverlusten bei unserem großen Elektromagnetapparat ($H = 10000$ Gauß) Wirkungsgrade von 40 Proz., linear 62 Proz. für ω 5000, und lineare Wirkungsgrade von 33 Proz, für ω 50000, 45 Proz. für $\omega = 270$. Bei Magnetfeldern von 3000 Gauß, wie wir sie bei den kleineren Apparaten mit Permanentmagnet zu erreichen hoffen, errechnet sich ein optimaler Wirkungsgrad von etwa 25 Proz. linear; für hohe Frequenzen fällt der lineare Wirkungsgrad auf etwa 10 Proz. ab. Gelänge es, diesen theoretisch möglichen Werten tatsächlich nahe zu kommen, so würde auch der Bandlautsprecher mit Permanentmagnet wirksam mit dem magnetischen Lautsprecher konkurrieren können.

Bezüglich der Verwendung des Bandsprechers als Aufnahmeapparat sei nur bemerkt, daß wir uns hier der endgültigen Lösung schon näher glauben, als bei der Verwendung des Apparates als Schallgeber, da gewisse Schwierigkeiten, die die Amplituden- und Haltbarkeitsfragen betreffen, hier nicht auftreten. Theoretische Gesichtspunkte, die den Wirkungsgrad eines Apparates als Aufnahme- und Sendeapparat zu vergleichen gestatten, sowie eine ausführlichere Theorie des Bändchenlautsprechers sollen in einer demnächst erscheinenden Veröffentlichung besprochen werden.

1) Durch die oben erwähnte Verengung der Schallführung läßt sich bei schweren Membranen, wo an sich meist $R << l_0$ ist, der Wert von p etwas verbessern.

E. Gerlach (Berlin-Siemensstadt), Vorführung eines neuen Lautsprechers. II.

Als Material für die Bänder des Bandlautsprechers und Mikrophons kommt eigentlich nur Aluminium, oder vielmehr einige der bekannten Aluminiumlegierungen mit erhöhten Festigkeitseigenschaften in Frage. Wir erhalten dann eine günstige Vereinigung folgender drei Eigenschaften:

1. Geringes Gewicht. (Spezifisches Gewicht etwa 2,9.)
2. Gute elektrische Leitfähigkeit (halb so gut wie Kupfer).
3. Verhältnismäßig hohe Zerreißfestigkeit.

Um nun die Nachgiebigkeit der Bänder weiterhin zu erhöhen, werden sie mit einer wellblechartigen Querriffelung versehen. Dadurch wird ferner erreicht, daß die Eigenschwingung der Bänder unhörbar tief gelegt wird, und daß das Band in der Querrichtung vollkommen stabil wird.

Zur Hervorbringung des Magnetfeldes kann man Permanentmagnete oder Elektromagnete verwenden, und zwar sowohl beim Mikrophon wie beim Lautsprecher.

Da die Lautstärke erheblich mit der Feldstärke ansteigt, so lohnt es sich (besonders beim Lautsprecher) recht kräftige Elektromagnete zu verwenden. Der große Lautsprecher, den Sie nacher hören werden, besitzt einen Elektromagneten mit etwa 200 Watt Erregerleistung. Er liefert ein Feld von über 10000 Gauß in einem Luftspalt von 10 Millimeter. Das Mikrophon besitzt einen kleinen Elektromagneten mit

etwa 4000 Gauß, der von dem Heizsammler der Verstärkerschaltung gespeist wird.

Es dürfte Sie interessieren, einige Zahlenangaben über die Bänder zu hören. Die wichtigsten sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	Lautsprecher	Mikrophon
Banddicke	10 μ	3 μ
Bandlänge	10 cm	7cm
Bandbreite	10 mm	3 mm
Gewicht	30 mg	2 mg
Widerstand	50 m Ohm	200 m Ohm
Strom	max. 10 Amp.	—
Spannung	max. 500 m Volt	5 μ Volt
Leistung	max. 5 Watt	—
Ampitude	max. 5 mm	0,1 μ

Die kleinen Ohmschen Widerstände der Bänder machen es nötig, Übertrager anzuwenden, wenn man Verstärkerröhren zwischenschalten will.

Diese Übertrager erhalten ein verhältnismäßig hohes Übersetzungverhältnis, z. B. 1 : 500. Dieses hohe Übersetzungsverhältnis ist natürlich an sich kein Nachteil, sondern eher ein Vorteil, weil die aus dickem Kupfer bestehende Primärwicklung relativ weniger Wickelraumverlust durch Isolation aufweist. Durch Übertrager können auf zwei verschiedene Weisen Verzerrungen hervorgebracht werden, nämlich einmal durch ihre Eigenschwingung. Wählt man die Wickeldaten so, daß diese Übertrager-Eigenschwingung unhörbar hoch liegt, so ist diese Art von Verzerrung praktisch nicht mehr merklich. Weiterhin kann eine Sprachverzerrung entstehen durch falsche Anpassung der Übertrager. Wählt man aber die Wicklungen beispielsweise beim Mikrophonübertrager so, daß der Widerstand des Übertragers bei allen Frequenzen groß ist gegen den Generatorwiderstand, so ist praktisch immer die Klemmenspannung gleich der elektromotorischen Kraft, d. h. es liegt immer die volle Generatorspannung an den Primärklemmen des Transformators und es erscheint somit die mit dem Übersetzungsverhältnis multiplizierte Spannung an den Sekundärklemmen, d. h. am Gitter des ersten Rohres.

Die Verstärkerschaltung besteht aus sechs Rohren in Reihe. Sie ist eine sogenannte Widerstands-Kapazitäts-Kopplungsschaltung, d. h. die Spannungsschwankungen an den Anoden werden hervorgebracht durch den frequenzunabhängigen Spannungsabfall in Ohmschen Widerständen und von einem Rohr auf das andere übertragen ebenfalls frequenzunabhängig durch Blockkondensatoren.

Es folgt Vorführung einer Apparatur, bestehend aus Bandmikrophon, Verstärkerschaltung und Bandlautsprecher, und zwar wird zunächst ein Elektromagnet- und ein Permanentmagnet-Bandsprecher im Hörsaal vorgeführt mit Sprache, Streichinstrumenten und verschiedenen Geräuschen; zum Schluß wird von außen Piston aus 80 m Entfernung mittels Lautsprecher mit Trichter wiedergegeben.

Innsbruck, am 25. September 1924.

Reinhold Fürth (Prag), Dielektrizitätskonstanten guter Leiter.

Die Bestimmung der DEK. guter Leiter ist mit großen experimentellen Schwierigkeiten verbunden. Es gibt im wesentlichen zwei Methoden, die in verschiedenen Modifikationen meist angewendet werden.

Die erste, die man als Kapazitätsmethode bezeichnen kann, besteht darin, daß ein Kondensator mit der Substanz als Dielektrikum gefüllt und seine Kapazität gemessen wird. Ist die Substanz ein Leiter, so entlädt sich der Kondensator umso rascher, je größer ihre Leitfähigkeit ist, und man ist daher genötigt, mit Schwingungen zu arbeiten, die so rasch erfolgen müssen, daß sich der Kondensator während einer Periode nur wenig entlädt, also mit umso rascheren Schwingungen, oder umso kürzeren Wellen, je größer die Leitfähigkeit ist. Nun weiß man jedoch, daß die DEK. eine Funktion der Schwingungszahl ist, es gibt im allgemeinen eine Dispersion auch im Gebiete der langen, elektrischen Wellen, und gerade die Abhängigkeit der DEK. von der Wellenlänge, die Gestalt der Dispersionskurve ist von besonderem physikalischen Interesse, da sich aus ihr in bezug auf die molekulare Konstitution der Substanz Schlüsse ziehen lassen. Infolge des oben erwähnten Umstandes ist man bei der Kapazitätsmethode an eine obere Grenze der Wellenlänge gebunden, und die Aufnahme der ganzen Dispersionskurve also unmöglich.

Die zweite Methode kann als Kraftwirkungsmethode bezeichnet werden. Sie beruht darauf, daß man die Kräfte zur Messung bringt, die in einem elektrischen Felde auf die Grenzflächen zwischen den das Feld erfüllenden Substanzen ausgeübt werden. Auch hier stößt man bei leitfähigen Substanzen auf eine große Schwierigkeit. In diesem Falle nämlich wird sich gleichzeitig mit dem elektrischen Feld auch ein stationäres Stromfeld ausbilden, und dieses wieder bewirkt, daß an den Grenzflächen von denen oben die Rede war, freie Ladungen entstehen. Die zu messenden Kräfte hängen dann einerseits von dem Kraftlinienverlauf im Felde,

andererseits von der Verteilung dieser freien Ladungen ab, so daß das Problem im allgemeinen recht unübersichtlich wird und nur dann zu einer einwandfreien Meßmethode für die DEK. herangezogen werden kann, wenn es sich vollständig durchrechnen läßt. Dies begegnet aber im allgemeinen unüberwindlichen mathematischen Schwierigkeiten.

Vor kurzem habe ich nun gezeigt[1]), daß man in einem bestimmten Spezialfall das Problem mathematisch vollkommen durchrechnen kann, und so zu einer Methode zur Bestimmung der DEK. beliebig leitfähiger Substanzen gelangt. Das Prinzip der Methode besteht in folgendem: die zu untersuchende, flüssige Substanz mit der DEK. ε_0 und der Leitfähigkeit σ_0 wird zwischen zwei parallele, vertikale Metallplatten gebracht, an die man ein konstantes oder ein Wechsel-Potential anlegt. Inmitten des Raumes zwischen diesen Platten schwebt, an einem Torsionsfaden aufgehängt, ein aus einer festen Substanz mit der DEK. ε und der Leitfähigkeit σ hergestelltes Rotationsellipsoid, am besten ein abgeplattetes, so, daß die Rotationsachse horizontal steht und mit der Ebene der Platten einen Winkel von 45^0 einschließt. Beim Anlegen des Feldes wird auf das Ellipsoid ein Drehmoment ausgeübt, derart, daß sich die Achse beim abgeplatteten Ellipsoid zu den Platten parallel zu stellen sucht, und dieses kann durch Messung der Torsion des Fadens leicht gemessen werden. In der zitierten Arbeit wurde nun für dieses Drehmoment eine Formel abgeleitet, die außer der Feldstärke und den geometrischen Abmessungen des Ellipsoids nur das Verhältnis der beiden Leitfähigkeiten σ/σ_0 und die DEK. der Flüssigkeit ε_0 enthält. Da sich nun das erstere leicht bestimmen läßt, bleibt als einzige unbekannte Größe ε_0 übrig, die also auf diese Weise zur Messung gelangt. Die Größe ε fällt bemerkenswerterweise heraus.

Diese Tatsache und ferner der Umstand, daß man die beiden Leitfähigkeiten in der Endformel quantitativ in Evidenz setzen kann, sind gerade darauf zurückzuführen, daß der Aufhängekörper die Form eines Ellipsoids hat, und es ist daher bei der Anwendung der Methode strenge darauf zu achten, daß diese Form so genau wie möglich eingehalten wird. Die Methode stellt daher einen wesentlichen Fortschritt gegenüber ähnlichen, schon früher benutzten Methoden dar[2]), die als Aufhängekörper kein Ellipsoid benutzen, da bei diesen weder der Einfluß der Leitfähigkeit noch der der DEK. des Aufhängekörpers abgeschätzt werden kann.

Da ferner in die Endformel die Potentialdifferenz zwischen den Platten nur mit ihrem Quadrat eingeht, ist der Ausschlag unabhängig von dessen Vorzeichen und es können daher die Messungen auch mit Wechselfeldern und zwar von beliebiger Schwingungszahl ausgeführt werden, d. h. es kann die ganze Dispersionskurve aufgenommen werden, was, wie eingangs hervorgehoben wurde, zu fordern ist.

Vorläufige Versuche mit dieser Methode wurden nun in jüngster Zeit im Institut für theoretische Physik der deutschen Universität in Prag von mir angestellt. Es wurde hierbei ein abgeplattetes Ellipsoid aus Nickel verwendet, mit einem Achsenverhältnis 1:20, das an einem dünnen Quarzfaden aufgehängt war. Die Verdrehungen desselben wurden mit Spiegel und Skala abgelesen. Das Spiegelchen ragte aus der Flüssigkeit heraus und war mit dem Ellipsoid durch eine dünne Glaskapillare starr verbunden. An die Platten wurde ein variables und mit dem Voltmeter ablesbares Wechselpotential von 50 Per. pro Sek. angelegt.

Um die Zuverlässigkeit der Methode zu erproben, wurden zunächst folgende Messungen angestellt:

1. Wurde die DEK. des Wassers bestimmt, im Verhältnis zu Luft, wobei sich dieselbe für destilliertes und Leitungs-Wasser als identisch herausstellte und zwar zwischen $\varepsilon = 76$ und $\varepsilon = 82$, was also innerhalb der Versuchsfelder mit den bereits bekannten Werten übereinstimmt.

2. Wurde die DEK. von Rohrzuckerlösungen in Abhängigkeit von der Konzentration gemessen, wobei sich folgende Werte ergaben:

Rohrzuckerlösung in Wasser.

Konz.	ε
20 Proz.	71
40 „	61.5
60 „	53

Diese Werte sind in fast vollständiger Übereinstimmung mit Werten, die nach der Drudeschen Methode mit Wellen von ca. 70 cm Länge von mir früher erhalten wurden[1]), so daß man sieht, daß diese Substanzen im Gebiete der langen elektrischen Wellen zwischen 10 000 km und 70 cm Wellenlänge keine nennenswerte Dispersion aufweisen.

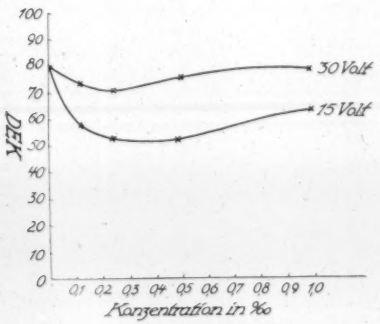
Nachdem so die Brauchbarkeit der Methode

1) U. a. F. J. Smale, Ann. d. Phys. **60**, 625, 1897.
2) R. Fürth, Zeitschr. f. Phys. **22**, 98, 1924.

1) R. Fürth, Ann. d. Phys. **70**, 63, 1923.

geprüft war, wurde versucht, DEK. von Elektrolytlösungen zu bestimmen. Die DEK. der wäßrigen Elektrolytlösungen sind bis jetzt nur sehr selten untersucht worden und es liegen einander widersprechende Ergebnisse vor. Während eine Reihe von Autoren eine Erhöhung der DEK. des Wassers durch Lösung eines Elektrolyten beobachtet[1]), bekommen andere eine Erniedrigung[2]) und eine dritte Gruppe behauptet, daß die DEK. der Lösung sich von der des Wassers überhaupt nicht wesentlich unterscheidet[3]).

Bisher wurden Versuche von mir nur an *NaCl*-Lösungen gemacht und zwar in Abhängigkeit von der Konzentration bis zu 1 Promille *NaCl* in Wasser. Höhere Konzentrationen zu messen gelang bisher nicht, da dann durch die schon recht starken Ströme, die durch die Lösung hindurchgehen, Gasentwicklung an den Elektroden und Konvektionsströme durch Erwärmung auftreten, die eine ruhige Ablesung nicht mehr zulassen. Bis zu diesen Konzentrationen jedoch gelingen die Messungen ohne Schwierigkeiten. Spätere Versuche werden durch geeignete Maßnahmen diese Fehlerquellen vermeiden, so daß man zu größeren Konzentrationen vordringen wird.



Die Messungen wurden bei zwei Spannungen, nämlich 15 Volt und 30 Volt effektiv ausgeführt und hatten das durch die Figur dargestellte Ergebnis. Man sieht, daß die DEK. des Wassers durch das *NaCl* zunächst bei kleinen Konzentrationen erniedrigt, dann jedoch wieder erhöht wird und bei größeren Konzentrationen den Ausgangswert wahrscheinlich überschreiten wird. Man sieht ferner, daß die für die zwei Spannungen gemessenen DEK. nicht miteinander übereinstimmen und daß das Minimum für sie nicht an derselben Stelle liegt.

Diese Erscheinung bietet möglicherweise eine Erklärung dafür, warum wie oben erwähnt, in der Literatur betreffend DEK. von Elektrolytlösungen so widersprechende Angaben vorliegen. Es kommt eben darauf an, mit welcher Spannung der betreffende Experimentator gearbeitet hat, ob er Erhöhung, Erniedrigung, oder keine Veränderung gegenüber der DEK. des Wassers beobachtet hat.

Obzwar es nicht ganz ausgeschlossen ist, daß Polarisationseffekte noch mitgespielt haben könnten, scheint doch dieses Verhalten, wie es durch die Figur dargestellt wird, theoretisch mit unseren derzeitigen Vorstellungen in recht gutem Einklang zu sein. Was zunächst die anfängliche Erniedrigung anlangt, so hat in letzter Zeit Herr Blüh[1]) darauf hingewiesen, daß diese nach der Dipoltheorie zu erwarten ist. Bei geringen Konzentrationen nämlich ist das Salz vollkommen dissoziiert und die Ionen werden in ihrer Umgebung die Dipole des Wassers kräftig richten, so daß sie sich durch das äußere Feld nicht einstellen können. Die Gebiete um die Ionen herum gehen also für die Polarisation durch das äußere Feld verloren und das heißt nichts anderes, als daß die DEK. der Lösung mit der Konzentration abnimmt. Es ist nun ohne weiteres klar, daß dieser Effekt um so mehr in Erscheinung treten muß, je schwächer das äußere Feld ist, was mit den Beobachtungen im Einklange steht.

Bei weiterer Erhöhung der Konzentration nun geht aber die Dissoziation zurück, es bilden sich Dipole von *Na* und *Cl*, in deren Umgebung einerseits der oben erwähnte Richteffekt der Wasserdipole verschwindet, andererseits werden diese Dipole nunmehr selbst im Felde gerichtet, wodurch der entgegengesetzte Effekt zustandekommt, die DEK. nimmt wieder zu. Weitere Versuche werden über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieser Hypothese zu entscheiden haben.

Die Versuche sollen in nächster Zeit auf andere Elektrolyte bis zu höheren Konzentrationen und bei veränderter Wechselzahl ausgedehnt werden und es soll ferner versucht werden, die DEK. eines flüssigen Metalles, z. B. des Quecksilbers, zu messen, was im Prinzipe mit dieser Methode durchführbar sein müßte.

1) W. Nernst, Ann. d. Phys. **60**, 612, 1897, F. J. Smale, Ann. d. Phys. **60**, 625, 1897.
2) Lattey, Phil. Mag. **41**, 829, 1921; Sommer, Unveröffentlichte Berliner Dissertation.
3) P. Drude, Zeitschr. f. phys. Chem. **23**, 267, 1897; A. de Forest-Palmer, Phys. Rev. **14**, 38, 1902.

1) O. Blüh, Zeitschr. f. Phys. **25**, 220, 1924.

Diskussion.

Herr Busch: Ich möchte mir eine Frage zur Meßmethode gestatten. Es ist ja ein sehr auffallendes Ergebnis, daß das Drehmoment nach den Rechnungen des Herrn Vortragenden sich zwar abhängig von der Leitfähigkeit aber unabhängig von der Dielektrizitätskonstante des Ellipsoids ergibt, während man doch sonst gewohnt ist, daß bei derartigen Problemen die Dielektrizitätskonstante ε stets in der Verbindung $\sqrt{(4\pi\sigma)^2 + \omega^2\varepsilon^2}$ (bzw. $4\pi\sigma + j\omega\varepsilon$) auftritt ($\sigma$ = Leitfähigkeit, ω = Kreisfrequenz). Ich möchte nun fragen: 1. Gilt dieses Ergebnis streng unter beliebigen Versuchsbedingungen oder ist es nur als Annäherung zu betrachten? 2. Könnte der Herr Vortragende vielleicht mit wenigen Worten erklären oder plausibel machen, wie die Unabhängigkeit des Drehmoments von der Dielektrizitätskonstante des Ellipsoids herauskommt?

Nachtrag bei der Niederschrift: Ich habe inzwischen nach Durchsicht der früheren Arbeit des Herrn Vortragenden (Zeitschr. f. Phys. 22, 98, 1924) festgestellt, daß darin meine erste Frage von Herrn Fürth selbst dahin beantwortet wird, daß bei Messungen mit Wechselspannung, die ja praktisch fast ausschließlich in Frage kommen, die Fürthschen Formeln nur als Näherungen anzusehen sind, die nur unterhalb einer gewissen Grenzfrequenz mit genügender Genauigkeit gelten. Es wäre im Interesse der praktischen Brauchbarkeit der Methode erwünscht, wenn der Herr Vortragende die Formel für diese Grenzfrequenz mitteilen würde, unterhalb deren die Messung, sagen wir auf 1 Proz. genaue Resultate liefert.

Herr Fürth: Die angegebene Formel für die Dielektrizitätskonstante gilt streng unter der Voraussetzung, daß Strom und Spannung im ganzen Feld, d. h. zwischen den Platten stationär ist. Bei Verwendung von Wechselstrom ist diese Voraussetzung streng genommen nicht mehr erfüllbar, in diesem Falle also gilt die besagte Formel nur angenähert. Diese Annäherung ist aber praktisch unter allen Umständen ausgezeichnet, wenn man den Strom und Spannungsverlauf als „quasistationär" ansehen kann, d. h. solange die Wellenlänge der verwendeten elektrischen Schwingung groß ist gegen die Abmessungen der Apparatur. Dadurch ist also eine obere Grenze für die Frequenz festgelegt.

Eine ganz rohe Abschätzung würde etwa so lauten: Die Messung ist auf 1 Pröz. genau, wenn die Plattendistanz 1 Proz. der Wellenlänge ausmacht, d. i. bei meinen Versuchen eine Wellenlänge von etwa 4 m. Praktisch ist man also, da man mit der Wellenlänge fast stets über 100 m bleibt, berechtigt, die Formel als genau gültig in allen Fällen anzusehen.

Die Unabhängigkeit des Drehmomentes von der Dielektrizitätskonstante des Aufhängekörpers kommt dadurch zustande, daß die Maxwellschen Spannungen, die an dem Ellipsoid angreifen, sich aus zwei Teilen, den äußeren und den inneren, zusammensetzen und daß bei der Integration über die inneren Spannungen aus Symmetriegründen die letzteren herausfallen. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn das elektrische Feld im Innern des Körpers homogen ist und dies trifft nur beim Ellipsoid zu, sonst aber nicht.

Bei jeder anderen Form des Aufhängekörpers ist also auch Abhängigkeit von der Dielektrizitätskonstante des Körpers da; das trifft z. B. auch auf die nach einer ähnlichen Methode früher von Smale auf Anregung von Nernst unternommenen Versuche zu, die auch in der Tat von den aus anderen Methoden sich ergebenden Werten der Dielektrizitätskonstante von Elektrolytlösungen abweichen.

Herr Zahn: Ich habe ebenfalls Messungen der Dielektrizitätskonstante gutleitender Elektrolytlösungen vorgenommen, und zwar nach der Kondensatormethode bei Anwendung von Wechselströmen hoher Frequenz ($n = 10^6$). Die Kapazität eines schwingungsfähigen Systems bestand aus einem Luftkondensator mit einem in Reihe geschalteten Elektrolytkondensator; Frequenzänderungen beim Einfüllen verschiedener Lösungen wurden mittels der Überlagerungsmethode nachgewiesen. Auf diese Weise wurde allerdings nicht der absolute Wert von Dielektrizitätskonstanten, sondern die Differenz von Dielektrizitätskonstanten verschiedener Lösungen gleichen Leitvermögens bestimmt. Es ließ sich z. B. nachweisen, daß Lithiumchloridlösungen eine niedigere Dielektrizitätskonstante besitzen als Natriumchloridlösungen gleicher Leitfähigkeit.

H. Bongards (Göttingen), Messungen des Gehalts der Luft an radioaktiven Zerfallsprodukten vom Flugzeug aus.

Ergebnisse von Messungen des Gehalts der Luft an radioaktiven Zerfallsprodukten in größeren Höhen der freien Atmosphäre sind bisher nicht bekannt geworden. Bei der großen Bedeutung, welche den radioaktiven Stoffen für die Ionisation der Luft zukommt, ist die Kenntnis ihrer Verteilung in der Atmosphäre besonders wünschenswert. Bereits im Jahre 1919 habe ich den Vorschlag gemacht, Messungen dieser Art vom Flugzeug aus vorzu-

nehmen und habe eine Zusammenstellung von Apparaten beschrieben, mittels deren eine Methode, die von Gerdien und Mache und Rimmer angegeben war, den besonderen Bedingungen im Flugzeug angepaßt wird. Bei dieser Methode wird ein meßbares Luftquantum durch einen Zylinderkondensator getrieben, in dem ein so starkes elektrisches Feld hergestellt wird, daß alle geladenen Teilchen an einer Elektrode niedergeschlagen werden. Da ein gewisser Prozentsatz der Teilchen von *Ra-A* positive Ladung trägt, so kann man durch Beobachtung des Spannungsabfalls, den die negative Elektrode nach Beendigung der Aktivierung in der Ionsationskammer eines Elektrometers hervorruft, den Emanationsgehalt der Luft berechnen.

Die Ausführung der Messungen gelang erst in diesem Jahre in den Monaten Juli bis September, nachdem die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft die Mittel für den Bau der Zylinderkondensatoren zur Verfügung gestellt hatte. Während die Apparate im Bau waren, teilte mir Herr Abbot mit, daß in den Monaten Juli bis September die Smithsonian Institution in Washington. Strahlungs- und Ozongehaltsmessungen aus höheren Luftschichten erhalten würde, und regte an, zu gleicher Zeit in Deutschland Messungen der Luftaktivität zu machen. Ein Freund der Smithsonian Institution stellte die erforderlichen Mittel zur Verfügung. Die Unterstützung des Unternehmens ließen sich besonders angelegen sein: das Preuß. Aeronautische Observatorium Lindenberg, die Versuchsanstalt der Deutschen Seewarte, das Geophysikalische Institut der Universität Göttingen und das Preuß. Meteorologische Observatorium Potsdam.

Am 18. Juli konnte vom Flugplatz Staaken aus mit einem Flugzeug des Observatoriums Lindenberg der erste Aufstieg unternommen werden. Hierbei ergab sich die Notwendigkeit eines Umbaus der Apparatur, der den Transport der Apparate nach Hamburg bedingte. Da es sich in der Folge herausstellte, daß die fortdauernde Überwachung der Apparate durch einen Mechaniker erforderlich war, so wurden die weiteren Aufstiege vom Flugplatz Fuhlsbüttel bei Hamburg aus unternommen. Leider waren noch während der Übersiedelung nach Fuhlsbüttel die Flugzeuge der Deutschen Seewarte betriebsunklar geworden. Da stellte die Firma Bäumer-Aero in Hamburg entgegenkommenderweise eines ihrer Flugzeuge zur Verfügung, das sich für die vorliegende Aufgabe, namentlich was die Steigfähigkeit anlangt, als besonders geeignet erwies.

Die Apparatur sah in ihrer endgültigen Form folgendermaßen aus: den Zylinderkondensator bildete ein Rohr von 12 cm Durchmesser, das aus drei Teilen von 40, 40 und 80 cm Länge bestand, in dessen Achse ein Messingdraht von 1 mm Durchmesser und 120 cm Länge isoliert so gespannt war, daß der vordere 40 cm lange Teil des Rohrs feldfrei blieb. Am hinteren Teile des Rohrs war ein Flügelrad mit Zähler angebracht, der das Luftquantum maß, das durch das Rohr hindurchging. Dieses Rohr wurde unter dem Rumpf des Flugzeugs befestigt. Das Zählwerk des Flügelrades war so angeordnet, daß es mit einem Drahtauslöser (Bowden-Zug) vom Sitz des Flugzeuges aus ein- und ausgeschaltet werden konnte. Im Sitz des Flugzeuges befand sich ferner ein Kasten, in dem die Apparate zur Erzeugung der Hochspannung sich befanden. Diese Apparate waren von den Physikalischen Werkstätten in Göttingen nach meinen Angaben hergestellt worden und bestanden aus einem kleinen Funkeninduktorium, das durch eine fünfzellige Batterie von Nickel-Eisen-Akkumulatoren betrieben wurde. Ein Holtzsches Ventilrohr unterdrückte den Schließungsstrom, so daß an den beiden Klemmen des Kastens praktisch eine Gleichspannung von 5—7000 Volt herrschte. Diese Spannung konnte während des Flugs mit einem Papierblatt-Elektrometer nach einem Vorschlag von Herrn Krönke kontrolliert werden, das außen auf dem Kasten angebracht war. Außerdem gestattete ein Amperemeter den Primärstrom zu überwachen. Die negative Klemme war durch den Drahtauslöser des Zählwerks mit dem äußeren Rohr des Zylinderkondensators verbunden, das Flugzeugschluß hatte. Die positive Klemme war durch ein Hochspannungskabel mittels einer bernsteinisolierten Klemme an den Innendraht angeschlossen. Ein Drehschalter gestattete die bequeme Ein- und Ausschaltung der Spannung. Diese Apparatur wurde im Sitz des Flugzeugs dem Beobachter gegenüber angebracht und hat sich durchaus bewährt. Zwar wäre eine Hochspannungsbatterie vielleicht bequemer und zuverlässiger gewesen, aber es ist mir bisher keine Ausführung in den erforderlichen geringen Abmessungen und Gewichtsgrenzen bekannt geworden, so daß sie im Flugzeug verwendbar wäre. Außer der elektrischen Apparatur wurde von der Versuchsanstalt der Seewarte bei allen Flügen ein Meterorograph eingebaut, der eine Registrierung von Druck, Temperatur und relativer Feuchtigkeit lieferte.

Die Aufstiege vollzogen sich nun in folgender Weise: das Flugzeug wurde in möglichst

schnellem Steigen auf eine Höhe von 3000 m gebracht. Hier wurde die Spannung angelegt und gleichzeitig das Zählwerk des Flügelrades eingeschaltet. Von nun ab wurde jede schnelle Höhenänderung eine Stunde lang vermieden, während welcher Zeit der Zylinder aktiviert wurde. Ein Vorversuch hatte ergeben, daß der Zylinder nach einem Flug von $1^1/_2$ Stunden Dauer keinerlei Aktivität zeigte, wenn keine Spannung angelegt wurde. Während dieser Stunde durchmaß das Flugzeug in langsamem Steigen die Schicht von etwa 3000—4500 m. Nach Beendigung der Stunde wurde die Spannung abgenommen und das Zählwerk ausgeschaltet, worauf möglichst schnell zur Landung geschritten wurde. So konnte im allgemeinen schon 20 bis 30 Minuten nach Beendigung der Exposition der durch den radioaktiven Niederschlag hervorgerufene Spannungsabfall an einem Wulfschen Zweifadenelektrometer gemessen werden. Dabei dienten die drei Teile des äußeren Rohrs mit einem aufgesetzten Deckel auf dem Teller des Elektrometers als Außenwand der Ionisierungskammer.

Es wurden insgesamt 26 Flüge ausgeführt. Namentlich im letzten Teil der Beobachtungsperiode machte das andauernd schlechte Wetter die Flüge unmöglich, da das Durchfliegen einer stärkeren Wolkendecke ohne einen zuverlässigen Neigungsmesser bei der Eigenart des verwendeten Flugzeugs zu gefährlich war.

Einiges von den Ergebnissen der Aufstiege kann ich jetzt schon, allerdings mit allem Vorbehalt, berichten, da die Auswertung der Beobachtungsdaten so kurze Zeit nach Beendigung der Messungen naturgemäß noch nicht weit fortgeschritten ist.

Durchweg bei allen Messungen scheint sich auf dem mittleren Zylinder der stärkste Niederschlag zu befinden. Ich habe daher die Abklingungskurven für diesen Teil des Kondensators von 11 Flügen, die während der Zeit vom 20. August bis 4. September d. J. stattfanden, ausgewertet und nach einer von H. W. Schmidt gegebenen Tabelle den Anfangswert der Aktivität extrapoliert. Als Maß für die Aktivität ist in der Tabelle als ε der Sättigungsstrom in statischen Einheiten eingetragen, den die im cm^3 erhaltenen Atome des *Ra-A* von der entsprechenden Beweglichkeit allein liefern. In dieser Reihe heben sich gleich auf den ersten Blick zwei Gruppen von Werten scharf voneinander ab. In dem ersten Teil finden sich Werte, die nur etwa den zehnten bis hundertsten Teil derjenigen betragen, die in der Nähe des Bodens von Gerdien, Kohlrausch, Kurz, Heß und Schrödinger gemessen worden sind. Nach dem 1. September dagegen finden wir Werte, die in der Größe etwa den am Boden gemessenen entsprechen. In der letzten Spalte sind einige Ergebnisse der gleichzeitigen Messungen am Boden eingetragen, die Herr Brandt am Geophysikalischen Institut in Göttingen gemacht hat. Es sind zunächst nur die Werte für den Spannungsabfall pro Stunde, da die Auswertung noch nicht weit genug fortgeschritten ist. Wir sehen aber in diesen Werten einen ganz ähnlichen Gang, wie in den Flugzeugmessungen, nur daß die Maxima sich hier um ein bis zwei Tage verspäten.

Datum	$\varepsilon \times 10^{11}$	t (3600 m)	ΔV (Boden)
20. Aug.	0,099	— 12,2	29
21. „	0.10	— 12,0	23
22. „	0,16	— 10,2	—
23. „	0,27	— 8,6	—
26. „	0,37	— 8,4	42
28. „	0 25	— 9,0	48
29. „	0 46	— 7,4	—
30. „	0,15	— 9,3	30
1. Sept.	6,67	— 5,8	32
2. „	1,21	— 6,6	58
3. „	—	—	55
4. „	0,78	— 4,8	30

In der mittleren Spalte habe ich die gleichzeitig in 3600 m Höhe gemessenen Temperaturen eingetragen. Der Gang der Temperatur in dieser Höhe erweist sich, wenn man von dem Einzelwert am 4. September absieht, als völlig gleichsinnig dem der Aktivität. Andeutungen für einen derartigen gleichsinnigen Gang von Temperatur und Aktivität habe ich schon in früheren Messungen an Drachendrähten gefunden, und diese Andeutungen brachten mich zu der Vermutung, daß die in den höheren Luftschichten enthaltenen radioaktiven Stoffe durch eine Atomstrahlung von der Sonne in die Atmosphäre transportiert würden. Eine Stütze fand diese Vermutung in einem Vergleich der damaligen Beobachtungen mit gleichzeitigen Messungen in Manila, die einen überraschend übereinstimmenden Verlauf zeigten. Der in der diesjährigen Beobachtungsreihe sich zeigende gleichsinnige Gang der Aktivität und der Temperatur deutet erneut auf die Beziehung zu einer Strahlung, da die beim Zerfall frei werdende Wärme nicht für derartige Temperaturänderungen in Betracht kommt. Schließlich zeigten auch in diesem Jahr wieder einzelne Abklingungskurven Anzeichen von Thorium, doch muß es noch dahingestellt bleiben, ob bei der nicht ganz ausreichenden Empfindlichkeit der Meßmethode dieser Thoriumanteil quantitativ einwandfrei festgestellt werden kann. Unter den Beobachtungsergebnissen des Jahres 1913 fand sich eine Abklingungs-

kurve, die besonders deutlich das Vorhandensein von Thorium zeigt. Da die Thoriumemanation, die als Gas allein für einen Transport von der Erde in die Luft in Frage kommt, nur eine mittlere Lebensdauer von 79 Sek. hat, so würde der einwandfreie Nachweis von Thorium in größeren Höhen schon allein die außerirdische Herkunft dieser Substanz nachweisen.

Es ist zu erwarten, daß die endgültige Bearbeitung der Messungen und ihre Vergleichung mit den Ergebnissen der Strahlungsmessungen in Amerika interessante Aufschlüsse geben wird, und ich möchte zum Schluß der Hoffnung Ausdruck geben, daß derartige Messungen noch weiter fortgesetzt werden. Bisher hat man der dauernden Beobachtung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre auch in der Nähe des Bodens an den meisten Observatorien merkwürdig wenig Beachtung geschenkt.

V. Oberguggenberger (Innsbruck), Erdstrombeobachtungen im Gebirge.

Der Zweck der Arbeit war, das zur Zeit noch sehr dürftige Beobachtungsmaterial, das uns über das Wesen des vertikalen Erdstroms Aufschluß geben soll, nach gewissen Richtungen hin zu erweitern. Es sollte Größe und Richtung der E. K. des Erdstroms in ihrer Abhängigkeit von der Höhendifferenz der Elektroden in möglichst allen Azimuten beobachtet, ferner der Einfluß meteorol. Faktoren, wie auch der Einfluß der Fehlerquellen der Meßanordnung untersucht werden.

Die Meßanordnung besteht darin, daß zwei gut gereinigte oxydierte Eisenplatten von möglichst gleichartiger Beschaffenheit in größerer Entfernung voneinander in möglichst homogenes Erdreich versenkt, und durch eine Leitung verbunden werden. In diese Leitung wurde nun das Meßinstrument eingeschaltet. Als solches benutzte ich ein tragbares Drehspulengalvanometer von Hartmann und Braun mit einer Empfindlichkeit von $3 \cdot 10^{-6}$ Amp./Skalenteil. Die E. K. des Erdstr. wurde nach einer Kompensationsmethode bestimmt.

Die Beobachtungen und Resultate.

Nach einer Reihe von Vorversuchen, die für die Wahl des Instrumentes und die Methode der Beobachtung maßgebend waren, wurden Messungen an der neuerbauten Hochspannungsleitung von St. Anton nach St. Christoph am Arlberg durchgeführt. Richtung der Leitung Ost—West; Länge 3123 m; Höhendifferenz der Erdplatten 532 m. Resultat $e = 0{,}1040$ Volt pro km Leiterlänge (unter der Annahme der Proportionalität zwischen E. K. des Erdstroms und Plattendistanz, welche Annahme von mir bei mehreren Gelegenheiten nachgeprüft wurde). Durch Abänderung der Meßanordnung wurde festgestellt, daß die gemessene E. K. unabhängig ist von den Größenverhältnissen der verwendeten Elektroden, des weitern, daß die Verwendung verschiedener Erden, wie auch verschiedener Eisensorten das Resultat in keiner Weise beeinflußt.

Analoge Versuche wurden auch an der Rauchschen Bahn in Mühlau bei Innsbruck, deren Fahrdraht mir durch einen Monat lang zur Verfügung stand, und an selbstverlegten kurzen Leitungen durchgeführt. Es ergab sich dabei folgendes: Bei Beobachtungen in geneigten Leitern von über 100 m Länge ist der Einfluß der Plattenströme so gering, daß das Resultat dadurch nicht merklich verfälscht wird, vorausgesetzt, daß auf die Erdung die nötige Sorgfalt verwendet wird. Zu den vielen Winken, die bei Besprechung der Fehlerquellen in der einschlägigen Literatur gegeben werden, möchte ich noch mit folgendem beitragen: Alle Verbindungsstellen, besonders aber die Verbindung der Erdplatten mit dem Leiter, müssen trocken und vor äußeren Einflüssen geschützt sein. Lötstellen sind womöglich zu vermeiden. Die Meßgeräte müssen vor starker Sonnenbestrahlung und hauptsächlich vor Tau geschützt sein. Eine Erdung der Elektroden im fließenden Wasser hat sich als nicht günstig erwiesen.

Die Messungen an der Rauchschen Bahn in Mühlau.

Benutzt wurde der Fahrdraht von 1035 m Länge. Die Luftentfernung der Erdplatten betrug 870 m. Höhendifferenz 33 m. Die Messungen konnten nur vor 6 Uhr früh und nach 11 Uhr abends durchgeführt werden, da das Streufeld der mit 1000 Volt Gleichstrom betriebenen Bahn Innsbruck—Hall, die in nächster Nähe meines Beobachtungsortes vorbeiführte, ein Arbeiten unmöglich machte. Die Streuströme dieser Leitung verseuchen den Boden in einer Breitenausdehnung von gut 5 km. Die Störungen machen sich in der Nähe des störenden Feldes in einem fortlaufenden Wechsel, sowohl der Größe als auch der Richtung der E. K. bemerkbar. In ca. 3000 m Entfernung zeigt sich das Vorhandensein dieser vagabundierenden Ströme noch durch ein kurzperiodisches Schwanken der Galvanometernadel um die Ruhelage an.

Auch dieser Moment erfährt in der Literatur keine Erwähnung, obwohl, wie es ja ganz

Zusammenfassung der Beobachtungen.

Ort der Messung	Entfernung der Elektroden	Höhendifferenz der Elektroden	Richtung des Leiters	Neigung des Leiters	Resultat in Volt/km
Neuerbaute Hochspannungsleitung St. Anton–St. Christoph. Arlberg	3123 m	532 m	Ost—West	9°43′	0.1040
Rauchsche Bahn. Mühlau bei Innsbruck	870 m	33 m	So.—Nw.	2°	Mittel aus 10 Beobachtungstagen 0,0881 ± 0,005
Seilbahn zur Hungerburg. Innsbruck	390 m	170 m	Süd – Nord	25°50′	Mittel aus 12 Beobachtungstagen 0,2038 ± 0,023
			Schönwetterlage	—	0.3141 ± 0,014
			Schlechtwetterlage	—	0,1486 ± 0 013
Bergisel bei Innsbruck	180 m	95 m	So.—Nw.	33°	0,2340
Höttingergraben bei Innsbruck .	75 m	75 m	vertikal	90°	0,4890
	180 m	75 m	Ost—West	24°38′	0,1290

selbstverständlich ist, sehr viele Erdstrombeobachtungen in der Nähe größerer Städte vorgenommen wurden. Mancher Fehler kann sich vielleicht auf diese Weise unbemerkt eingeschlichen haben.

Die Messungen ergaben im Mittel aus 10 Beobachtungstagen $e = 0{,}0881$ Volt/km. Die Trennung nach Morgen- und Abendwerten, wie nach Schön- und Schlechtwetterlage ergab nichts Bemerkenswertes. Anders fielen die Messungen an der Seilbahn des Mühlauer Schotterwerkes, welche Bahn sich in der Richtung Nord—Süd, parallel der Hungerburgbahn erstreckt, aus. Die Distanz der Platten betrug hier 390 m bei einer Höhendifferenz von 170 m. Im Mittel aus 12 Beobachtungstagen ergab sich die E. K. des Erdstroms zu 0,2038 Volt/km. Die Trennung nach Schön- und Schlechtwetterlage ergab die Werte 0,3141 Volt/km und 0,1486 Volt/km. Es zeigt sich also in stark geneigten Leitern ein ausgesprochener Einfluß der Witterungslage auf die E. K. des Erdstroms.

Ordnet man die bis jetzt angeführten Messungen nach steigenden Neigungswinkeln des Leiters, bzw. nach der Höhendifferenz der Elektroden, so springt sofort ein Anwachsen der Werte mit zunehmender Höhendifferenz in die Augen. Um nach dieser Hinsicht weiter zu arbeiten, habe ich in der Sillschlucht am Südosthange des Bergisels eine Leitung unter 32° Neigung verlegt. Die E. K. ergab sich hier zu 0.2340 Volt/km.

Mein Bestreben bei möglichst vertikaler Anordnung der Elektroden Messungen vorzunehmen, führte mich schließlich zu Erdstrombeobachtungen in Bergwerken. Ein Stollen im Höttinger Graben schien mir zu diesem Zweck besonders geeignet. Im Innern des Stollens wurde eine Felsnische mit Schlemmsand gefüllt und die Elektrode darin eingestampft. Nun wurde an der Erdoberfläche die zweite Elektrode möglichst genau in der Lotlinie geerdet, was bei dem übersichtlichen Terrain und dem geradlinigen Verlauf des Stollens nicht so schwierig war. Die barometrisch festgelegte Höhendifferenz betrug 76 m. Die gemessene E. K. $e = 0{,}4890$ Volt/km. Wurde die Elektrode aus dem Innern des Stollens an die Erdoberfläche beim Stolleneingang verlegt, so ergab sich bei einer Neigung des Leiters von 24°38′ die E. K. zu $e = 0{,}1290$ Volt/km.

Ein weiterer Versuch wurde im aufgelassenen Steinölbergbau am Seefelder See durchgeführt, wo die Erdplatten bei horizontaler Anordnung infolge der schrägen Bankung des Gesteins in verschiedene Schichten zu liegen kamen. Auch hier ergaben sich weit höhere Werte, als sie sich bei analoger Anordnung an der Erdoberfläche ergeben würden.

Diese Erfahrungen, im Zusammenhange mit den, am Gschwandkopf bei Seefeld sich ergebenden Unstimmigkeiten in der Strömungsrichtung der Erdströme, führten mich zu der Anschauung, daß die im Gebirge auftretenden vertikalen Erdströme ein wesentlich komplizierteres Phänomen darstellen. Am Zustandekommen dieser vertikalen Erdströme sind außer luftelektrischen und meteorologischen Faktoren, sicherlich auch thermoelektrische, in der Erdrinde auftretende Ströme maßgebend beteiligt. Der geologische Aufbau der Berge, Schichtungsverhältnisse usw., können zu ganz bestimmten Strombahnen Veranlassung geben, und dadurch den einzelnen Beobachtungen ein ganz lokales Gepräge verleihen.

Während bei allen bisher durchgeführten Beobachtungen in geneigten Leitern die Erdströme konstant bergaufließend gefunden wurden, ergaben die Messungen am Gschwand-

kopf, das ist eine in das Inntal bei Seefeld vorgeschobene Kuppe, in der sich die letzterwähnten Stollen befinden, folgendes Bild der Stromrichtung. Die Beobachtungen wurden an 6 Tagen im Sommer 1923 und 1924, bei im magnetischen Achsenkreuz verlegten Leitern durchgeführt. Die Ströme wurden im Süden stets bergauf, im Norden bergabfließend gefunden. Im Ost- und Westhange des Gipfels jedoch in wechselnder Richtung. Es kann sich hier nur um lokale Einflüsse handeln, bedingt durch die, den geologischen Verhältnissen sich anpassenden Strombahnen.

Zusammenfassend ergibt sich: Die E. K. des, in kurzen, geneigten Leitern fließenden Erdstroms ist von der Größenordnung 0.09—0.50 Volt/km. Sie ist eine Funktion der Neigung in dem Sinne, daß mit zunehmender Neigung des Leiters auch die E. K. zunimmt.

Die Amplitude der Schwankung ist in stark geneigten Leitungen größer, als in schwach geneigten.

Ein Einfluß meteorologischer Faktoren auf die Größe der E. K. kommt nur in stark geneigten Leitern zum Ausdruck. Schönwetterlage entsprechen die höheren Werte der E. K.

Die Richtung des Erdstroms wurde mit einer einzigen Ausnahme bergaufließend gefunden.

Als Ursache des vertikalen Erdstroms kommen außer luftelektrischen und meteorologischen Faktoren die in der Erde auftretenden thermoelektrischen Potentiale in Betracht. Die Strömungslinien der Erdströme sind bedingt durch den geologischen Aufbau, daher können lokale Verhältnisse zu Unstimmigkeiten in den Meßergebnissen führen.

A. Wigand (Halle a. S.), Luftelektrische Untersuchungen bei Flugzeugaufstiegen[1]).

Die besonderen Vorzüge des Flugzeugs zur Bearbeitung luftelektrischer Probleme sind vom Vortragenden gemeinsam mit den Herren Koppe, Schlomka und Wenk zur Ausführung von 3 Untersuchungen benützt worden, indem zunächst allgemein die physikalischen Arbeitsbedingungen im Flugzeuge studiert und sodann die entsprechenden Meßmethoden ausgebildet wurden.

Zur Messung zeitlicher Mittelwerte des Ionengehalts E der Luft[2]) wurde der Ebertsche Ionenzähler den Versuchsbedingungen im Flugzeuge angepaßt und bei zwei Flügen erprobt. Zwischen 3,3 und 5,2 km Höhe nimmt E mit der Höhe zu, und es ist in 5,2 km Höhe der Gehalt an positiven Ionen größer als der an negativen. Eine Methode zur Bestimmung von Momentanwerten des Ionengehalts und der Leitfähigkeit im Flugzeuge durch Strommessung wurde angegeben.

Ein brauchbares Verfahren zur Messung elektrischer Spannungen vom Flugzeug und Luftschiff aus wurde entwickelt[3]), besonders durch Ausbildung eines, in seiner kräftigen Wirkung vom Flugwind unabhängigen radioaktiven Kollektors mit Radiothor als aktiver Substanz, der sich zur Untersuchung der räumlichen und zeitlichen Feinstruktur des atmosphärischen Spannungsgefälles eignet. Die Messungen im fliegenden Flugzeug ergaben, übereinstimmend mit früheren Laboratoriumsmessungen, eine beträchtliche positive Selbstaufladung des Motors und negative Ladung der Auspuffgase. Die Höhe dieser Ladung des Flugzeugs hängt gesetzmäßig von der Motorleistung ab und kann bis zu 10 000 Volt steigen; das dadurch in der Nähe des Flug-

Flug Nr.	Datum	Seehöhe m	Radiumemanations-Gehalt Curie $10^{18} \cdot cm^3$	Wetterlage	Höhe der unteren Sperrschichtgrenze m
I	30. 10. 1923	900	190	antizyklonal mit Randstörung	850
II	31. 10. 1923	1150	228	" "	800
		2350	0	" "	
III	8. 2. 1924	600	168	antizyklonal	(keine Sperrschicht)
		2300	24	"	
		3800	0	"	
IV	6. 3. 1924	300	42	"	1100
		350	24	"	
		1300	< 267	"	
V	20. 8. 1924	350	426	zyklonal	800
		1450	28	"	
		2000	0	"	

1) Ausführlich in „Fortschr. d. Chem., Physik u. physik. Chem.", Borntraeger, Berlin 1925.

2) H. Koppe, Ill. Flugwelt 1, Heft 9, 1919; A. Wigand, Phys. Zeitschr. **22**, 36, 1921; A. Wigand u. H. Koppe, Mitt. d. Naturf. Ges. Halle **6**, Nr. 1, S. 3, 1921.

3) A. Wigand u. T. Schlomka, Zeitschr. f. Flugtechn. u. Motorl. **15**, 153 u. 185, 1924; Ann. d. Phys. (IV) **75**, 279, 1924.

zeugs erzeugte Spannungsgefälle ist höchstens 2000 Volt/m. Eine Beseitigung der Eigenladung des Flugzeugs durch Ausgleicher ist möglich in einem für technische Zwecke (Zündungsgefahr von Luftschiffen) genügenden Maße. Zur Messung richtiger Werte des luftelektrischen Spannungsgefälles läßt sich das Flugzeng jedoch seiner Selbstaufladung wegen nur dann verwenden, wenn man gleichzeitg mehrere Meßkollektoren benutzt und dadurch zugleich Eigenladung und luftelektrisches Spannungsgefälle bestimmt.

Zur direkten Messung des Gehalts der Luft an Radiumemanation wurde eine Kondensationsmethode mit flüssigem Sauerstoff für das Flugzeug ausgebildet, die es gestattet, bei einem Flugzeugaufstieg 3 Messungen mit je nur 3—7 Minuten Dauer zu machen, wobei die Fehlergrenze etwa auf 15×10^{-18} Curie im cm^3 zu schätzen ist. Die Messungen bei 5 Flügen bis zu 3,8 km Höhe ergaben, wie die Tabelle zeigt, eine schnelle Abnahme des Radiumemanations-Gehalts mit zunehmender Höhe auf sehr kleine Werte, unter erheblichem Einfluß der Luftschichtung. Die Herkunft der Radiumemanation in der Atmosphäre von der Erdoberfläche ist damit erwiesen.

L. Vegard (Christiania), **Das Nordlichtspektrum und die höheren Atmosphärenschichten.**

Ich habe heute die Ehre vor der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte eine Übersicht über die Resultate von meinen Untersuchungen zu geben, welche sich mit denjenigen Prozessen beschäftigen, die sich in den höheren Atmosphärenschichten während eines Nordlichts abspielen. Genauer gesagt handelt es sich um das Nordlichtspektrum und seine physikalische Deutung auf Grundlage bestimmter Anschauungen über die Konstitution der höheren Atmosphärenschichten.

Nachdem ich schon früher, zuerst 1912—13, Beobachtungen über das Nordlichtspektrum gemacht hatte, konnte ich vor ein paar Jahren mehr systematische Untersuchungen über das Nordlichtspektrum anfangen.

Für den Zweck hatte ich im ganzen vier Spektrographen machen lassen, einen großen Glasspektrographen, einen großen Quarzspektrographen und zwei kleine aber möglichst lichtstarke Glasspektrographen. Die beiden ersten waren für genaue Wellenlängenbestimmungen bis ins Ultraviolette bestimmt. Da man sehr lange Expositionszeiten, bis 6—8 Wochen, verwenden mußte, war es notwendig besondere Vorrichtungen für Temperaturregulierung zu verwenden. Die Apparate wurden in kleine um eine horizontale und eine vertikale Achse drehbare Kasten eingebaut, und die Temperatur wurde automatisch reguliert. Die kleinen Spektrographen waren besonders für Untersuchungen der Variation bestimmt.

Mit dieser Apparatur haben wir in den letzten Wintern an dem Geophysikalischen Institut in Tromsö gearbeitet. Die Ergebnisse sind noch nicht gänzlich bearbeitet, und nur für das Material von dem ersten Winter sind die erhaltenen Linien ausgemessen. Bis jetzt habe ich etwa 35 Linien und Bänder ausgemessen, und mit Ausnahme von der starken grünen Linie (5577) und einigen sehr schwachen diffusen Bändern gehörten sämtliche Linien dem Stickstoff an. Die nicht identifizierten Linien konnten auch nicht auf andere in Betracht kommenden Gase zurückgeführt werden.

Obwohl die stärkeren Linien sehr stark überexponiert waren, traten kein Wasserstoff oder Helium auf.

Es konnte gezeigt werden, daß die grüne Nordlichtlinie überhaupt nicht von einem leichten Gas wie Wasserstoff, Helium oder „Geokoronium" stammen konnte. Denn Nordlichtspektren aus verschiedenen Höhen zeigten, daß die grüne Nordlichtlinie im Vergleich mit den Stickstoffbändern mit steigender Höhe nicht stärker, sondern etwas schwächer wurde. Da alle identifizierbaren Linien dem Stickstoff angehörten und da die Nordlichtlinie dem Stickstoff in die Höhe folgt, so müßte aller Wahrscheinlichkeit nach auch die grüne Linie von dem Stickstoff stammen. Die Bedingungen, unter welchen der Stickstoff in der Nordlichtregion angeregt wurde, mußten sich von den Bedingungen der bisherigen Laboratoriumsversuche wesentlich unterscheiden. Ich wurde schließlich zu der Ansicht geführt, daß der Stickstoff der höchsten Atmosphärenschichten in Form äußerst kleiner Kristalle existierte.

Sind die Partikelchen von molekularer Größenanordnung, so hat der Zustand viel Ähnlichkeit mit demjenigen eines gewöhnlichen Gases, unterscheidet sich aber wesentlich von einem Gase dadurch, daß die Partikeln nicht alle die gleiche Atomzahl enthalten, und vor allem sollten die Atome in der für den festen Zustand charakteristischen Koppelung gebunden sein. Der Zustand ist gewissermaßen zwischen einem Gas und einem festen Körper, und wird als Pseudogas bezeichnet.

Schon in früheren Veröffentlichungen habe ich erwähnt, daß man meine Ansicht von der Deutung des Nordlichtspektrums einer genaueren Prüfung durch Gefrieren von Stickstoff zu fester Form mittels z. B. flüssigen

Wasserstoffs unterwerfen konnte, wenn man dann den Stickstoff mit elektrischen Strahlen bombardierte.

Um diese Versuche auszuführen reiste ich diesen Winter nach Leiden. Hier hat die größte jetzige Autorität auf diesem Gebiet — Kamerlingh Onnes — ein Laboratorium geschaffen, wo man die allerbesten Bedingungen für die Ausführung solcher Versuche findet.

Im Januar d. J. habe ich die ersten Versuche ausgeführt, welche, wie ich erwartet hatte, zeigten, daß fester Stickstoff mit Kathodenstrahlen bombardiert ein eigenartiges, intensives Leuchten zeigte, das in den wesentlichsten Zügen dem ganz eigenartigen Nordlichtspektrum entsprach.

Der Apparat besteht im wesentlichen aus den Teilen I und II. I ist eine Kühlanordnung, bestehend aus einem inneren Metallbehälter für den flüssigen Wasserstoff, der von einem Glasbehälter umgeben ist. Der Zwischenraum ist luftleer gepumpt. Von dem Metallbehälter führt ein Kupferstab, der in einer schräggestellten Fläche endet, nach unten.

Im Rohr II werden die Kathodenstrahlen durch eine Wehneltkathode hervorgebracht, durchdringen einen engen Kanal in einem Metallzylinder, worauf sie gegen die erwähnte Kupferfläche anstoßen.

Während der Versuche ist diese Fläche auf eine Temperatur von 233° abgekühlt. Ein Strom von Stickstoff aus einem Reservoir, wird gegen die Kupferfläche geführt und der Stickstoff schlägt sich in fester Form nieder und bildet einen Eismantel rings um die Endfläche. Die Strahlen werden angestellt — die Fläche leuchtet intensiv auf — und das Licht kann durch einen vor dem Rohre aufgestellten Spektralapparat studiert werden.

Es gelang mir bei der ersten Versuchsreihe im Januar, 5 Spektrogramme aufzunehmen.

Erstes Spektrum, Kathodenstrahlengeschwindigkeit entsprechend 200 Volt,
zweites Spektrum, Kathodenstrahlengeschwindigkeit entsprechend 500 Volt,
drittes Spektrum, Kathodenstrahlengeschwindigkeit entsprechend 350 Volt,
viertes Spektrum, Kathodenstrahlengeschwindigkeit entsprechend 700 Volt,
fünftes Spektrum, Kathodenstrahlengeschwindigkeit entsprechend 750 Volt.

Wenn die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen über eine gewisse Grenze wuchs, bekam ich ein intensives, grünes Leuchten. Das Spektrum zeigte zwei Bänder im Grünen, die ich N_1 und N_2 genannt habe, samt einer Serie von Banden in dem blauen und dem violetten Teil. Das grüne Band N_2 war recht scharf und hatte eine Wellenlänge von 5230 Å, und es zeigte sich, daß es einer grünen Linie im Nordlichtspektrum entsprach, die man während starker Nordlichter beobachten kann.

Das Band N_1 war breiter und streckte sich nach beiden Seiten der starken grünen Nordlichtlinie 5577 Å. Man konnte sehen, daß das Band N_1 eine Struktur hatte, in dem deutlich zwei Maxima zu erkennen waren.

Aus den Spektren ergibt sich, daß die Übereinstimmung sich nicht allein auf den grünen Teil erstreckt, sondern wir bekommen auch im blauen und violetten dieselben typischen Banden wie im Nordlichtspektrum und mit derselben typischen Intensitätsverteilung.

Obwohl die Linien im Grünen, besonders diejenige, die der Nordlichtlinie entspricht, unter den Versuchsbedingungen den Charakter von Banden hatten, war doch die Übereinstimmung zwischen dem Nordlichtspektrum und dem Leuchten des festen Stickstoffs so charakteristisch, daß ich es für zweifellos hielt, daß man es in beiden Fällen mit demselben höchst eigentümlichen Lichteffekt zu tun hatte.

In späteren Versuchen habe ich zeigen können, daß die Übereinstimmung noch weiter geht.

Um das Spektrum des festen Stickstoffs eingehender zu studieren, habe ich, als ich Ende Februar nach Leiden zurückkam, einen großen Spektrographen mit großer Dispersion mitgebracht. Schon kurze Zeit nachher gelang es mir, Spektrogramme von dem neuen Lichteffekt mit diesem Apparat aufzunehmen. Und während meines viermonatlichen Aufenthalts in Leiden habe ich eine große Anzahl Spektrogramme aufgenommen und eine Reihe von Beobachtungen von dem Effekte unter den verschiedenen Arten von elektrischen Strahlen mit verschiedener Geschwindigkeit gemacht, und habe außer dem Stickstoff das Leuchten von folgenden Gasen in fester Form untersucht: Sauerstoff, Argon, Ammoniak und Stickstoffoxydul.

Das umfangreiche Material ist noch nicht bearbeitet, und ich kann hier nur eine sehr summarische Übersicht über einige der wichtigsten Ergebnisse geben.

Mit Hilfe eines Quarzspektrographen habe ich auch für den ultravioletten Teil Spektrogramme aufgenommen. Wenn fester Stickstoff mit langsamen Kathodenstrahlen bombardiert wird, so bekommt man auch im Ultravioletten genau dieselben typischen positiven Banden wie im Nordlichtspektrum und mit derselben typi-

schen Intensitätsverteilung. Auch im Roten gibt fester Stickstoff zwei Banden, welche innerhalb der Meßgenauigkeit zwei im Nordlichtspektrum vorkommenden Banden entsprechen.

Fester Stickstoff mit langsamen Wehneltkathodenstrahlen bombardiert, gibt also in den wesentlichen Zügen das ganze Nordlichtspektrum wieder.

Es erhebt sich jetzt die wichtige Frage, ob auch positive Strahlen das typische Nordlichtspektrum erregen können. Um diese Frage zu beantworten, habe ich festen Stickstoff mit Kanalstrahlen von Stickstoff, Wasserstoff und Helium angeregt. Das Studium des hervorgebrachten Leuchtens bietet interessante Einzelheiten, hier will ich nur folgendes erwähnen:

Die Banden N_1 und N_2 wurden auch durch Kanalstrahlen angeregt. Im Blauen, Violetten und Ultravioletten ergaben die positiven Strahlen ein bis jetzt unbekanntes Bandenspektrum, welches nicht im Nordlichtspektrum vorkommt.

Hieraus können wir den wichtigen Schluß ziehen, daß der überwiegende Teil des Nordlichts durch Kathodenstrahlen verursacht wird, ein Ergebnis, welches mit demjenigen meiner früheren Untersuchungen über die Struktur des Nordlichts und die Richtung der Bogen in Übereinstimmung steht.

Wie wir aber sehen werden, macht sich das Leuchten von positiven Strahlen in anderen kosmischen Erscheinungen geltend.

Eine Reihe von mit dem großen Spektrographen von großer Dispersion aufgenommenen Spektrogrammen zeigten, daß das Band N_2 noch das Aussehen einer diffusen Linie hatte, das Band N_1 aber zeigte 3 Maxima, indem eines von den früher gefundenen bei der größeren Dispersion sich als doppelt erwies. Sowohl Kathodenstrahlen als Kanalstrahlen ergaben dieselbe Struktur der Banden N_1 und N_2. Die Lage der drei Maxima von N_1 variiert etwas mit den Versuchsbedingungen. Eine meiner Platten ergab für das Hauptmaximum 5555 Å und für die beiden schwächeren 5611 und 5649. Nun ist aber die Nordlichtlinie sehr scharf, und wie ich in früheren Publikationen erwähnt habe, ist die Sache so zu deuten, daß die Breite des Bandes von der Partikelgröße abhängt, und daß die Nordlichtlinie dem pseudogasförmigen Zustand entspricht.

Professor Mac Lennan in Toronto, hat diese Erregungsversuche in festem Stickstoff wiederholt, und er findet dieselben drei Maxima. Da, wie wir sahen, keines von den drei Maxima mit der Nordlichtlinie zusammenfällt, will er den Schluß ziehen, daß das Band N_1 nichts mit der Nordlichtlinie zu tun hat. Der Schluß ist aber ganz unberechtigt und beruht darauf, daß er den neuen Leuchteffekt behandelt, als ob man es mit einem Leuchten von einer gasförmigen Quelle zu tun hätte. Man muß aber darauf achten, daß man es hier mit einem eigenartigen Effekt zu tun hat, welcher in einem festen System auftritt. Die Verhältnisse des Experiments unterscheiden sich wesentlich von denjenigen der höheren Atmosphärenschichten. Die Nordlichtlinie ist als Grenzfall des Bandes N_1 zu betrachten, und entsteht, wenn die Teilchengröße von molekularer Größenanordnung wird.

Ich habe die Natur des Effekts näher verfolgen können und es geht direkt aus meinen experimentellen Ergebnissen hervor, daß der Schluß von Mac Lennan unhaltbar ist. Freilich habe ich nicht erreicht, pseudogasförmigen Stickstoff herzustellen, es ist mir aber gelungen, diesem Zustand etwas näher zu kommen und zu zeigen, daß dadurch der Effekt sich in der erwarteten Richtung ändert. Ich habe dies dadurch erreicht, daß ich Mischungen von Stickstoff mit einem inaktiven Gas (Argon) kondensiert habe. Die Stickstoffpartikelchen sind dann in dem inaktiven festen Argon eingebettet, und eine Abnahme der Stickstoffkonzentration wird die durchschnittliche Teilchengröße herabsetzen. Es zeigte sich, daß Spuren von Stickstoff genügten, um einen sehr kräftigen Stickstoffeffekt zu geben. Spektrogramme bei verschiedenen Stickstoffkonzentrationen wurden aufgenommen. In Übereinstimmung mit meiner Ansicht wurde bei abnehmender Konzentration das Band N_1 schärfer, indem die beiden schwachen Maxima allmählich verschwanden, also nur das Hauptmaximum zurückblieb. Gleichzeitig verschob sich das Hauptmaximum in die Richtung der Nordlichtlinie.

Wir haben schon erwähnt, daß die Kanalstrahlenerregung im Blauen, Violetten und Ultravioletten eine Serie von diffusen Banden ergab. Im Argongemisch erleiden diese Stickstoffbanden eine ähnliche Veränderung wie das Band N_1. Für geringe Konzentration und Partikelgröße werden die Banden schärfer, und ihre Maxima verschieben sich gegen kürzere Wellenlängen.

Im Blauen und Violetten wird das Spektrum von zwei Doppelbanden beherrscht, eine mit Wellenlängen 4523, 4473 und die andere 4236, 4211. Diese Banden entsprechen innerhalb der Genauigkeitsgrenze, den von Lord Ray-

leigh neulich im Leuchten des Nachthimmels entdeckten Banden. Das Leuchten des Nachthimmels sollte also in dem Falle, wo die Rayleigh-Banden auftreten, durch positive Strahlen verursacht werden. Ein derartiges Leuchten ist gerade zu erwarten; denn in der oberen elektrisch geladenen Schicht müssen wir erwarten, daß einige der geladenen kleinsten Teilchen so große Geschwindigkeit erreichen, daß sie beim Anstoß die Atmosphäre zum Leuchten anregen.

Eine Eigentümlichkeit dieser Leuchterscheinung des festen Stickstoffs ist die große Veränderlichkeit in bezug auf die relative Intensität der Spektrallinien. Wir können z. B. das Intensitätsverhältnis N_1/N_2 der beiden grünen Banden N_1 und N_2 betrachten. Für ihre Emission ist erstens eine gewisse Strahlengeschwindigkeit notwendig. Für Kathodenstrahlen habe ich N_2 bis zu einer geringsten Spannung von 78 Volt, N_1 zu einer Spannung von 165 Volt verfolgen können. Das Intensitätsverhältnis N_1/N_2, wächst mit steigender Strahlengeschwindigkeit. Dies gilt sowohl für Kathodenstrahlen als für Kanalstrahlen. Diese Regel hat jedoch möglicherweise nur innerhalb eines gewissen Geschwindigkeitsbereiches Geltung. Das Intensitätsverhältnis N_1/N_2 hängt auch von der Strahlendichte ab. Wird ein Strahlenbündel auf eine sehr kleine Fläche konzentriert, wird N_1/N_2 sehr groß, und N_2 kann manchmal beinahe verschwinden. Auch eine Verminderung der Teilchengröße verursacht eine starke Vergrößerung von N_1/N_2. Wenn eine Argonfläche nur Spuren von Stickstoff enthält, wird N_2 beinahe verschwindend im Verhältnis zu N_1. In der Nordlichtregion, wo die Partikeln sehr klein sind, muß also die Nordlichtlinie (5577) gegenüber (5230) dominieren, was ja in der Tat zutrifft. Diese Zunahme von N_1/N_2 mit abnehmender Teilchengröße geben auch Kanalstrahlen, also auch das Leuchten des Nachthimmels.

Nach Entfernung der erregenden Strahlen bleibt die Stickstoffläche leuchtend. Gewöhnlich sieht man im Nachleuchten nur N_2 und im Falle, daß die roten Banden stark auftreten, sieht man auch ein scharfes, rotes Band, welches sich im Nachleuchten wie N_2 verhält. Das Nachleuchten dauert gewöhnlich nur einige Minuten; wenn aber die Stickstoffläche einige Zeit der Wirkung von Kanalstrahlen oder schnellen Kathodenstrahlen ausgesetzt ist, kann das Nachleuchten beinahe permanent werden. Nur die ersten paar Minuten nach Entfernung der Strahlen bemerkt man eine Abnahme, wonach das Leuchten sich stundenlang ohne merkbare Abnahme halten kann. Dieses dauerhafte Leuchten zeigt gewöhnlich nur N_2, aber in einigen Fällen, wenn es sehr stark gewesen ist, habe ich auch N_1 und ein diffuses Band im Blauen gesehen. Der neue Lichteffekt ist also eine Art von Phosphoreszenz, und diejenigen Banden und Linien, welche im Nachleuchten auftreten, sind für die feste Form charakteristisch. Der Lichteffekt ist von physikalischem Gesichtspunkt auch dadurch sehr bemerkenswert, daß man es hier mit einem phosphoreszenzfähigen Element zu tun hat.

Wenn der flüssige Wasserstoff verschwindet und die Temperatur allmählich auf einen gewissen Punkt steigt, fängt der Stickstoff an, sehr intensiv aufzuleuchten, indem die aufgespeicherte Energie, welche das Nachleuchten unterhält, plötzlich frei wird. Die Farbe dieses Aufleuchtens ist zuerst grün, geht aber bald ins Blaue über. In Spektroskop sieht man wenigstens anfangs N_1 und N_2 sehr stark, und außerdem Banden in Rot, Blau und Violett. Dieses Aufleuchten ist von einer Umwandlung des festen Stickstoffs begleitet. Von einer eisähnlichen Konsistenz bekommt der feste Stickstoff das Aussehen eines lose zusammengeketteten Pulvers, und die ganze Masse löst sich von der Kupferfläche und fällt oft herunter. Es findet also eine kristallinische Umlagerung statt. Die Existenz eines solchen Umwandlungspunktes ist schon aus früheren Versuchen über die spezifische Wärme bekannt[1]). Die Umwandlung findet bei etwa 35.5^0 statt. Nach der Umwandlung hat der feste Stickstoff ganz andere Erregungseigenschaften bekommen. Bombardement mit elektrischen Strahlen gibt nur ein sehr schwaches Leuchten und das Spektrum hat sich fundamental geändert, N_1 und N_2 werden nicht emittiert. Man beobachtet auch kein Nachleuchten. Der Phosphoreszenzeffekt ist also für die unter $35,5^0$ existierende Kristallform charakteristisch, und nur in dieser Form kann die Substanz eine Phosphoreszenzenergie enthalten. Diese

1) Siehe: W. H Keesom und H. Kamerlingh Onnes, Proc. Roy. Akad. Amsterdam 24, S. 1315.

Energie kann nicht in die zweite nicht phosphoreszenzfähige Modifikation übergehen, deshalb das Aufleuchten beim Übergangspunkt.

Diese Eigentümlichkeit des festen Stickstoffs hat ganz interessante Beziehungen zu kosmischen Erscheinungen. In dem Teil der Atmosphäre, wo die Nordlichtlinie auftritt und die große Erregbarkeit des Stickstoffs stattfindet, muß die Temperatur unter 35,5° abs. liegen, und man bekommt in der Weise ein „Thermometer" für die höchsten Atmosphärenschichten. Die isotherme Fläche in der Atmosphäre, welche 35,5° abs. entspricht, trennt eine obere leicht erregbare Schicht von einer unteren, welche diese hohe Erregbarkeit verloren hat. In dieser Weise erklären sich ohne weiteres die von Lindemann gefundenen bemerkenswerten Verhältnisse bei dem Auftreten der Meteore. Er findet, daß die Häufigkeit der Meteore als Funktion der Höhe zwei von einem ausgeprägten Minimum getrennte Maxima aufweist. Das obere Maximum entspricht dem leicht erregbaren Stickstoff über der 35,5° Isotherme. Unter dieser Fläche verschwinden oft die Meteore wegen der geringen Erregbarkeit. Erst wenn sie weiter herunterdringen, werden sie wegen der großen Dichte zum Leuchten erhitzt. Die isotherme Fläche 35,5° muß höher im Sommer als im Winter liegen, und in Übereinstimmung damit findet Lindemann, daß das höhere Maximum im Sommer in einer Höhe von 85 km liegt, während es im Winter 10 km tiefer liegt. Das Maximum sollte annähernd mit der 35,5 Isotherme zusammenfallen. Unter gewissen Umständen kann der Stickstoff über der 35,5° Fläche zu schwachem, dauerhaftem Nachleuchten angeregt werden. Wenn dieser Stickstoff sinkt und die 35,5° Fläche passiert, wird er die aufgespeicherte Phosphoreszenzenergie abgeben müssen, und es bildet sich eine leuchtende Schicht.

In dieser Weise bekommt man eine natürliche Erklärung der leuchtenden Nachtwolken, die ja gerade in Höhen von etwa 80 km auftreten, oder in etwa derselben Höhe wie das obere Häufigkeitsmaximum der Meteore.

Zum Schluß will ich noch erwähnen, daß neugebildeter, fester Stickstoff nicht durch ultraviolettes Licht von einem Aluminiumfunken erregt werden könnte. Im Zustand des dauerhaften Nachleuchtens dagegen konnte man mit einer gewöhnlichen Glühlampe ein helles Aufleuchten der Fläche hervorrufen. Röntgenstrahlenerregung ergab das gewöhnliche Nachleuchten.

Die anderen untersuchten Gase O, Ar, NH_3 und N_2O gaben in reinem Zustand mit elektrischen Strahlen nur ganz schwaches Leuchten und kein Nachleuchten.

Von den untersuchten Gasen ist es also nur Stickstoff in der unterhalb 35,5 abs. existierenden Kristallform, der das ganz besonders starke Phosphoreszenzleuchten zeigt, und nur dieses Leuchten korrespondiert mit dem Nordlichtspektrum.

M. Berek (Wetzlar), Demonstration einiger Photogramme zur Theorie der optischen Abbildung.

Das M. v. Lauesche Äquivalenzprinzip[1]) besagt: Wenn die Öffnung der beleuchtenden Strahlen ein gewisses, durch die Öffnung des abbildenden Systems bestimmtes Maß übersteigt, wird ein Nichtselbstleuchter wie ein Selbstleuchter abgebildet.

Dieses Äquivalenzprinzip ist noch einer Erweiterung fähig, die insbesondere im Hinblick auf die Dunkelfeldmikroskopie von Interesse ist. Offenbar ist das Wesentliche für die Möglichkeit äquivalenter Abbildungen, daß die vom Objekt ausgehenden Wellenzüge einer nach dem Lambertschen Gesetz ausgesandten Strahlung äquivalent sind. Bei einem nicht selbst leuchtenden Objekt kann dies einmal dadurch in Annäherung erreicht werden, daß die Öffnung der beleuchtenden Strahlen ein gewisses, durch die Öffnung des abbildenden Systems bestimmtes Maß übersteigt (Äquivalenzfall nach M. v. Laue). Aber auch bei beliebiger Beleuchtung, im Extremfall auch bei Beleuchtung mittels nur einer ebenen Welle, kann bei Vorhandensein gewisser Struktureigenschaften im Objekt die an ihm erfolgende Beugung einen Effekt auslösen, der einer Strahlung des Objekts nach dem Lambertschen Gesetz gleichwertig ist. Das gilt z. B. in hinreichender Annäherung für den vom abbildenden System aufgenommenen Teil einer Beugungswelle, wie sie an einem ultramikroskopischen Teilchen gemäß den Untersuchungen v. G. Mie erzeugt wird. Um zu einer allgemeineren Form des Äquivalenzgesetzes zu gelangen, ist es daher zweckmäßig, bei der Betrachtung nicht die Beleuchtungsart zu bevorzugen, sondern Beleuchtungsart und Objektstruktur zu berücksichtigen. Man kann dies in sehr einfacher Weise tun, wenn man der Formulierung des Äquivalenzsatzes die Lichtverteilung in der Öffnungsblende des abbildenden Systems zugrunde legt.

1) M. v. Laue, Ann. d. Phys. **43**, 165—168, 1914; siehe auch L. Mandelstam, Ann. d. Phys. **35**, 881—897, 1911.

In dem Maße, wie in der Öffnungsblende des abbildenden Systems ausgesprochene Maxima und Minima der Intensität fehlen und die Intensitätsverteilung sich einer solchen, wie sie bei Strahlung nach dem Lambertschen Gesetz vorhanden ist, nähert, nähert sich auch die Abbildung eines Nichtselbstleuchters der eines Selbstleuchters gleicher Struktur.

Für die Hellfeldbeobachtung im Mikroskop erhält man bei der Berechnung des Auflösungsvermögens sowohl nach der Helmholtzschen Formel (Selbstleuchterabbildung) wie nach der Abbeschen Formel (Nichtselbstleuchterabbildung) praktisch dieselbe Auflösungsgrenze. Anders bei der Dunkelfeldbeobachtung. Hier führt die Abbesche Abbildungstheorie, konsequent durchgeführt, worauf zuerst M. J. Cross[1]) aufmerksam gemacht hat, auf die Auflösungsgrenze

$$\varepsilon = \frac{2\lambda}{A_k + A_v},$$

worin A_k die obere Grenzapertur der Beleuchtung und A_v die der Beobachtung ist. Das Auflösungsvermögen erscheint also gegenüber dem Hellfeld und damit auch gegenüber dem bei einer Selbstleuchterabbildung beträchlich vermindert. In der Tat ist namentlich anschließend an Untersuchungen, welche später H. Siedentopf[2]) ausgeführt hat, in der Literatur die Ansicht vorherrschend geworden, daß die Dunkelfeldbeobachtung hinsichtlich des erreichbaren Auflösungsvermögens der Hellfeldbeobachtung wesentlich unterlegen sei. In Wirklichkeit gilt dies nur für periodisch struierte Objekte mit hinreichend großer Wiederholung der Periode, aber nicht für die überwiegende Mehrzahl der Objekte, auf welche in der praktischen Mikroskopie die Dunkelfeldbeobachtung angewandt wird; deren Abbildung fällt vielmehr unter die Bedingungen des oben formulierten Äquivalenzsatzes. Auch die Abbildung einfacher spaltförmiger Strukturen (z. B. der als Diplokokken bekannten Pilzkörper) vollzieht sich, wie aus den hiermit im Dunkelfeld angestellten Beobachtungen und Messungen folgt, noch durchaus entsprechend den Verhältnissen, wie sie für eine Selbstleuchterabbildung maßgebend sind, d. h. ohne vermindertes Auflösungsvermögen, so daß zu schließen ist, daß die Abbesche Betrachtungsweise des Abbildungsvorganges nur den sehr extremen Fall periodischer Strukturen mit hinreichend großer Wiederholung der Periode betrifft. Diesen Standpunkt hat im wesentlichen bereits 1880 der Leipziger Anatom R. Altmann[1]) gegenüber E. Abbe verfochten, ohne daß indes seine Anschauungen von nachhaltigem Einfluß gewesen wären.

1) M. J. Cross, Knowledge 1912, S. 37.
2) H. Siedentopf, Zeitschr. f. wiss. Mikr. **32**, 16–33, 1915.

1) R. Altmann, Archiv f. Anat. u. Entwickelgsgesch., Anatom. Abteilg. 1880, S. 111–184.

BESPRECHUNGEN.

W. Kohlhörster, Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre. (Probleme der kosmischen Physik V.) 8°. 72 S. mit 5 Abb. Hamburg, H. Grand. 1924. Br. M. 3.60.

Die vorliegende monographische Darstellung des in seinen auf die durchdringende Höhenstrahlung bezüglichen Teilen besonders interessanten und noch problematischen Grenzgebietes zwischen Meteorologie (Luftelektrischer Forschung) und Physik der radioaktiven Erscheinungen wird vielleicht dazu beitragen, mehr als dies bisher leider der Fall war die Aufmerksamkeit auch der Physiker auf die fundamental wichtige Frage nach der Herkunft dieser Höhenstrahlung zu lenken. Ein günstiges Zusammentreffen ist dabei, daß kürzlich ein zusammenfassender Bericht von Wigand erschienen ist und in manchen Richtungen zur Ergänzung herangezogen werden kann. Denn um die allgemeine Charakterisierung der Ausführungen Kohlhörsters gleich vorwegzunehmen: Alles, was über meßtechnische Dinge gesagt wird — die gerade hier, wo es sich häufig um die quantitative Untersuchung von Effekten eben an der Grenze des noch Feststellbaren handelt, von besonderer Bedeutung sind — ist ganz vorzüglich, konnte so nur auf Grund eigener langer Erfahrung geschrieben werden und enthält eine Menge wertvoller, zum Teil an anderer Stelle sonst noch nicht mitgeteilter Angaben und Hinweise. Zu kurz gekommen aber ist die allgemeine theoretische Auswertung und die kritische Diskussion des bisher vorliegenden Beobachtungsmaterials. Die Ergebnisse der diesbezüglichen Untersuchungen werden zwar ziemlich vollständig mitgeteilt, allzu ängstlich ist aber alles „Mathematische" vermieden und gar nicht eingegangen ist auf die mancherlei mit den ionisierenden Strahlungen in der Atmosphäre zusammenhängenden Fragen von allgemeinem luftelektrisch-theoretischen Interesse.

Der reichhaltige Inhalt ist gegliedert in ein einleitendes Kapitel, in drei folgende über die Grundtatsachen der Radioaktivität und die Meßmethoden und in den fünf Kapitel umfassenden Hauptteil, der zunächst eine allgemeine Übersicht gibt und dann in gesonderten eingehenden Ausführungen die Reststrahlung, die Luftstrahlung, die Erdstrahlung und die durchdringende Höhenstrahlung behandelt und unsere heutige Kenntnis auf Grund des bereits sehr umfangreichen Beobachtungsmaterials dem Leser vermittelt. Ein besonderes Kapitel ist den Hypothesen über die Herkunft der durchdringenden Höhenstrahlung gewidmet und ein vollständiges Verzeichnis von 154 Arbeiten beschließt das gute und nützliche Buch. R. Seeliger.

R. Courant und S. Hilbert, Methoden der mathematischen Physik. (Erster Band. Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Bd. XII.) 8°. 450 S. mit 29 Abb. Berlin, J. Springer. 1924. Geh. M. 22.50, geb. M. 25.—.

Das ganz vorzügliche Werk dürfte einen langgehegten Wunsch vieler theoretischer Physiker, den Wunsch nach einer zusammenfassenden Darstellung der modernen mathematisch-physikalischen Methoden, voll und ganz erfüllen. Wie die Verf. in der Vorrede selbst hervorheben, „spielen die Gesichtspunkte der Variationsrechnung durchwegs die beherrschende Rolle"; nur durch die konsequente Anwendung bestimmt gerichteter (und wie sich gezeigt hat so überaus fruchtbarer) Methoden konnte dem vielseitigen Inhalt ein so imponierend einheitlicher Charakter gegeben werden. Und demgegenüber dürfte es von geringer Bedeutung sein, daß naturgemäß manches fortbleiben mußte, weil es diese Einheitlichkeit gestört hätte (so z. B. — um ein typisches Beispiel zu nennen — die oft nützlichen allgemeinen Diskussionsmethoden der Integrale von Differentialgleichungen etwa nach Birkhoff). In seinen fünf Kapiteln (Die Algebra der linearen Transformationen und quadratischen Formen; Das Problem der Reihenentwicklung willkürlicher Funktionen; Theorie der linearen Integralgleichungen; Die Grundtatsachen der Variationsrechnung; Die Schwingungs- und Eigenwertprobleme der mathematischen Physik; Anwendung der Variationsrechnung auf die Eigenwertprobleme. Spezielle durch Eigenwertprobleme definierte Funktionen) enthält es eigentlich fünf kurze, jeweils das Wesentliche in knapper und klarer Form enthaltende Lehrbücher, die mit Ausnahme weniger Stellen jedes für sich zu verstehen sind und durch ein sehr ausführliches Inhaltsverzeichnis zusammengehalten werden. Als charakteristisch für die Darstellungsweise und als besonderer Vorzug sei hervorgehoben, daß der letzte Abschnitt eines jeden Kapitels in „Ergänzungen und Aufgaben" anschauliche speziellere Beispiele zu den allgemeinen Ausführungen bringt und durch ein gerade den Physikern sicher erwünschtes Verzeichnis der wichtigsten Literaturstellen beschlossen wird und daß auch in den allgemeinen Teilen neben aller abstrakten Schärfe stets und reichlich Problemstellung, Denkweise und Bedürfnisse der theoretischen Physik nicht nur berücksichtigt, sondern in den Vordergrund gestellt sind. Erwartungsvoll sieht man jedenfalls dem zweiten Band entgegen, der sich mit Existenzfragen und mit der numerischen Berechnung der Lösungen beschäftigen wird. Sicherlich haben sich die Verfasser und die Herausgeber der Sammlung mit diesem ebenso schönen wie brauchbaren Buch den Dank aller mathematisch interessierten Physiker erworben. R. Seeliger.

Czapski-Eppenstein, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Herausgegeben von H. Erfle † u. H. Boegehold. Gr. 8°. XX, 747 S. mit 316 Abb. 3. Auflage. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1924. GM. 30.—, geb. G.M. 33.—.

Mit großer Freude ist es zu begrüßen, daß sich die Mitarbeiter der Firma C. Zeiss der großen Mühe unterzogen haben das rühmlichst bekannte Czapskische Handbuch neu herauszugeben. Sind doch seit dem Erscheinen der letzten Auflage fast 20 Jahre verflossen, so daß eine Zusammenfassung der inzwischen erschienenen vielen Untersuchungen längst notwendig geworden war.

Durch die Verarbeitung dieser theoretischen Fortschritte, wie auch durch die eingehende Erweiterung der geschichtlichen Überblicke am Schlusse der einzelnen Kapitel ist der Umfang des Handbuches wesentlich gewachsen (von 471 auf 747 S.), doch ist es den Herausgebern gelungen, den Charakter desselben im Sinne der früheren Anlage durch Abbe und Czapski vollkommen zu wahren.

Besonders hervorzuheben — auf alle Einzelheiten einzugehen ist bei der Fülle des gebotenen Stoffes nicht möglich — sind die Neubearbeitung der von Boegehold übernommenen Abschnitte. Es werden sowohl die Arbeiten von Hamilton, Bruns usw. eingehender berücksichtigt, wie auch die neueren Untersuchungen Gullstrands, Lihotzkis, Stäbeles, Kühls usw. verarbeitet. Völlig neu ist vom selben Verfasser das Kapitel über die medizinischen Höhlen- oder Rohrengucker, und besonders das über die Beugungserscheinungen, in dem vor allem die Arbeiten Strehls in übersichtlicher Weise dargestellt werden.

Fast ganz umgearbeitet sind ferner die von Erfle übernommenen Abschnitte, der darin die große Anzahl seiner eigenen Spezialuntersuchungen verarbeitet hat, so besonders — um nur einiges herauszugreifen — Kap. X: Die Prismen und Kap. XX: Das Fernrohr; hier fällt vor allem auf die klare und anschauliche Behandlung der Spiegelung an Umkehrprismen. Ein tragisches Geschick hat den Verfasser die Früchte seiner hervorragenden Arbeiten nicht mehr erleben lassen.

Trotz einiger Lücken, die sich wohl kaum völlig vermeiden lassen, ist das mit großer Sorgfalt vervollständigte Namensverzeichnis zu begrüßen, das nach der ersten Veröffentlichung durch v. Rohr auf den vierfachen Umfang angewachsen ist.

Zusammenfassend sei nochmals hervorgehoben: eine verdienstvolle Arbeit der bewährten Verfasser, eine für den wissenschaftlichen Optiker unerschöpfliche Fundgrube praktischer und theoretischer Anregung. Möchte das Werk auch eine seinem hohen Wert entsprechende Verbreitung finden! Linnemann.

E. Marx, Röntgenstrahlen, Radium und die Materie. (Zellenbücherei Nr. 68.) 8°. 81 S. mit 6 Abbildungen auf 2 Tafeln. Leipzig, Dürr & Weber, m. b. H. 1923. M. 1.50.

Die kleine Schrift wendet sich an den Laien, um ihm jene Erscheinungsformen nahe zu bringen, die ihm deshalb ganz besonders interessant und geheimnisvoll erscheinen, weil er kein Organ zu ihrer Wahrnehmung besitzt.

Über die Entdeckung der Kathodenstrahlen und ihrer Eigenschaften gelangen wir zur Entdeckung der Röntgenstrahlen. Die Impulstheorie derselben wird gestreift und entsprechend unserer heutigen Auffassung werden sie als Lichtwellen gedeutet. Es folgt Technisches über Röntgenröhren und Herstellung harter und weicher Strahlen und Aufnahmen. Um das Wesen der charakteristischen Röntgenstrahlung zu erläutern, werden akustische Resonanzerscheinungen als Gleichnis herangezogen. Die Ionisation durch Röntgenstrahlen wird an Hand der bekannten Wilsonschen Nebelaufnahmen behandelt, von denen die Tafeln einige recht gut wiedergeben. Die Entdeckung der Röntgeninterferenzen erläutern Aufnahmen nach der Laue- und Bragg-Methode in guter Reproduktion. Die Ver-

In dem Maße, wie in der Öffnungsblende des abbildenden Systems ausgesprochene Maxima und Minima der Intensität fehlen und die Intensitätsverteilung sich einer solchen, wie sie bei Strahlung nach dem Lambertschen Gesetz vorhanden ist, nähert, nähert sich auch die Abbildung eines Nichtselbstleuchters der eines Selbstleuchters gleicher Struktur.

Für die Hellfeldbeobachtung im Mikroskop erhält man bei der Berechnung des Auflösungsvermögens sowohl nach der Helmholtzschen Formel (Selbstleuchterabbildung) wie nach der Abbeschen Formel (Nichtselbstleuchterabbildung) praktisch dieselbe Auflösungsgrenze. Anders bei der Dunkelfeldbeobachtung. Hier führt die Abbesche Abbildungstheorie, konsequent durchgeführt, worauf zuerst M. J. Cross[1]) aufmerksam gemacht hat, auf die Auflösungsgrenze

$$\varepsilon = \frac{2\lambda}{A_k + A_v},$$

worin A_k die obere Grenzapertur der Beleuchtung und A_v die der Beobachtung ist. Das Auflösungsvermögen erscheint also gegenüber dem Hellfeld und damit auch gegenüber dem bei einer Selbstleuchterabbildung beträchlich vermindert. In der Tat ist namentlich anschließend an Untersuchungen, welche später H. Siedentopf[2]) ausgeführt hat, in der Literatur die Ansicht vorherrschend geworden, daß die Dunkelfeldbeobachtung hinsichtlich des erreichbaren Auflösungsvermögens der Hellfeldbeobachtung wesentlich unterlegen sei. In Wirklichkeit gilt dies nur für periodisch struierte Objekte mit hinreichend großer Wiederholung der Periode, aber nicht für die überwiegende Mehrzahl der Objekte, auf welche in der praktischen Mikroskopie die Dunkelfeldbeobachtung angewandt wird; deren Abbildung fällt vielmehr unter die Bedingungen des oben formulierten Äquivalenzsatzes. Auch die Abbildung einfacher spaltförmiger Strukturen (z. B. der als Diplokokken bekannten Pilzkörper) vollzieht sich, wie aus den hiermit im Dunkelfeld angestellten Beobachtungen und Messungen folgt, noch durchaus entsprechend den Verhältnissen, wie sie für eine Selbstleuchterabbildung maßgebend sind, d. h. ohne vermindertes Auflösungsvermögen, so daß zu schließen ist, daß die Abbesche Betrachtungsweise des Abbildungsvorganges nur den sehr extremen Fall periodischer Strukturen mit hinreichend großer Wiederholung der Periode betrifft. Diesen Standpunkt hat im wesentlichen bereits 1880 der Leipziger Anatom R. Altmann[1]) gegenüber E. Abbe verfochten, ohne daß indes seine Anschauungen von nachhaltigem Einfluß gewesen wären.

1) M. J. Cross, Knowledge 1912, S. 37.
2) H. Siedentopf, Zeitschr. f. wiss. Mikr. **32**, 16–33, 1915.

1) R. Altmann, Archiv f. Anat. u. Entwickelgsgesch., Anatom. Abteilg. 1880, S. 111–184.

BESPRECHUNGEN.

W. Kohlhörster, Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre. (Probleme der kosmischen Physik V.) 8°. 72 S. mit 5 Abb. Hamburg, H. Grand. 1924. Br. M. 3.60.

Die vorliegende monographische Darstellung des in seinen auf die durchdringende Höhenstrahlung bezüglichen Teilen besonders interessanten und noch problematischen Grenzgebietes zwischen Meteorologie (Luftelektrischer Forschung) und Physik der radioaktiven Erscheinungen wird vielleicht dazu beitragen, mehr als dies bisher leider der Fall war die Aufmerksamkeit auch der Physiker auf die fundamental wichtige Frage nach der Herkunft dieser Höhenstrahlung zu lenken. Ein günstiges Zusammentreffen ist dabei, daß kürzlich ein zusammenfassender Bericht von Wigand erschienen ist und in manchen Richtungen zur Ergänzung herangezogen werden kann. Denn um die allgemeine Charakterisierung der Ausführungen Kohlhörsters gleich vorwegzunehmen: Alles, was über meßtechnische Dinge gesagt wird — die gerade hier, wo es sich häufig um die quantitative Untersuchung von Effekten eben an der Grenze des noch Feststellbaren handelt, von besonderer Bedeutung sind — ist ganz vorzüglich, konnte so nur auf Grund eigener langer Erfahrung geschrieben werden und enthält eine Menge wertvoller, zum Teil an anderer Stelle sonst noch nicht mitgeteilter Angaben und Hinweise. Zu kurz gekommen aber ist die allgemeine theoretische Auswertung und die kritische Diskussion des bisher vorliegenden Beobachtungsmaterials. Die Ergebnisse der diesbezüglichen Untersuchungen werden zwar ziemlich vollständig mitgeteilt, allzu ängstlich ist aber alles „Mathematische" vermieden und gar nicht eingegangen ist auf die mancherlei mit den ionisierenden Strahlungen in der Atmosphäre zusammenhängenden Fragen von allgemeinem luftelektrisch-theoretischen Interesse.

Der reichhaltige Inhalt ist gegliedert in ein einleitendes Kapitel, in drei folgende über die Grundtatsachen der Radioaktivität und die Meßmethoden und in den fünf Kapitel umfassenden Hauptteil, der zunächst eine allgemeine Übersicht gibt und dann in gesonderten eingehenden Ausführungen die Reststrahlung, die Luftstrahlung, die Erdstrahlung und die durchdringende Höhenstrahlung behandelt und unsere heutige Kenntnis auf Grund des bereits sehr umfangreichen Beobachtungsmaterials dem Leser vermittelt. Ein besonderes Kapitel ist den Hypothesen über die Herkunft der durchdringenden Höhenstrahlung gewidmet und ein vollständiges Verzeichnis von 154 Arbeiten beschließt das gute und nützliche Buch. R. Seeliger.

R. Courant und S. Hilbert, Methoden der mathematischen Physik. (Erster Band. Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Bd. XII.) 8°. 450 S. mit 29 Abb. Berlin, J. Springer. 1924. Geh. M. 22.50, geb. M. 25.—.

Das ganz vorzügliche Werk dürfte einen langgehegten Wunsch vieler theoretischer Physiker, den Wunsch nach einer zusammenfassenden Darstellung der modernen mathematisch-physikalischen Methoden, voll und ganz erfüllen. Wie die Verf. in der Vorrede selbst hervorheben, „spielen die Gesichtspunkte der Variationsrechnung durchwegs die beherrschende Rolle"; nur durch die konsequente Anwendung bestimmt gerichteter (und wie sich gezeigt hat so überaus fruchtbarer) Methoden konnte dem vielseitigen Inhalt ein so imponierend einheitlicher Charakter gegeben werden. Und demgegenüber dürfte es von geringer Bedeutung sein, daß naturgemäß manches fortbleiben mußte, weil es diese Einheitlichkeit gestört hätte (so z. B. — um ein typisches Beispiel zu nennen — die oft nützlichen allgemeinen Diskussionsmethoden der Integrale von Differentialgleichungen etwa nach Birkhoff). In seinen fünf Kapiteln (Die Algebra der linearen Transformationen und quadratischen Formen; Das Problem der Reihenentwicklung willkürlicher Funktionen; Theorie der linearen Integralgleichungen; Die Grundtatsachen der Variationsrechnung; Die Schwingungs- und Eigenwertprobleme der mathematischen Physik; Anwendung der Variationsrechnung auf die Eigenwertprobleme. Spezielle durch Eigenwertprobleme definierte Funktionen) enthält es eigentlich fünf kurze, jeweils das Wesentliche in knapper und klarer Form enthaltende Lehrbücher, die mit Ausnahme weniger Stellen jedes für sich zu verstehen sind und durch ein sehr ausführliches Inhaltsverzeichnis zusammengehalten werden. Als charakteristisch für die Darstellungsweise und als besonderer Vorzug sei hervorgehoben, daß der letzte Abschnitt eines jeden Kapitels in „Ergänzungen und Aufgaben" anschauliche speziellere Beispiele zu den allgemeinen Ausführungen bringt und durch ein gerade den Physikern sicher erwünschtes Verzeichnis der wichtigsten Literaturstellen beschlossen wird und daß auch in den allgemeinen Teilen neben aller abstrakten Schärfe stets und reichlich Problemstellung, Denkweise und Bedürfnisse der theoretischen Physik nicht nur berücksichtigt, sondern in den Vordergrund gestellt sind. Erwartungsvoll sieht man jedenfalls dem zweiten Band entgegen, der sich mit Existenzfragen und mit der numerischen Berechnung der Lösungen beschäftigen wird. Sicherlich haben sich die Verfasser und die Herausgeber der Sammlung mit diesem ebenso schönen wie brauchbaren Buch den Dank aller mathematisch interessierten Physiker erworben. R. Seeliger.

Czapski-Eppenstein, Grundzüge der Theorie der optischen Instrumente nach Abbe. Herausgegeben von H. Erfle † u. H. Boegehold. Gr. 8°. XX, 747 S. mit 316 Abb. 3. Auflage. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1924. GM. 30.—, geb. G.M. 33.—.

Mit großer Freude ist es zu begrüßen, daß sich die Mitarbeiter der Firma C. Zeiss der großen Mühe unterzogen haben das rühmlichst bekannte Czapskische Handbuch neu herauszugeben. Sind doch seit dem Erscheinen der letzten Auflage fast 20 Jahre verflossen, so daß eine Zusammenfassung der inzwischen erschienenen vielen Untersuchungen längst notwendig geworden war.

Durch die Verarbeitung dieser theoretischen Fortschritte, wie auch durch die eingehende Erweiterung der geschichtlichen Überblicke am Schlusse der einzelnen Kapitel ist der Umfang des Handbuches wesentlich gewachsen (von 471 auf 747 S.), doch ist es den Herausgebern gelungen, den Charakter desselben im Sinne der früheren Anlage durch Abbe und Czapski vollkommen zu wahren.

Besonders hervorzuheben — auf alle Einzelheiten einzugehen ist bei der Fülle des gebotenen Stoffes nicht möglich — sind die Neubearbeitung der von Boegehold übernommenen Abschnitte. Es werden sowohl die Arbeiten von Hamilton, Bruns usw. eingehender berücksichtigt, wie auch die neueren Untersuchungen Gullstrands, Lihotzkis, Stäbeles, Kühls usw. verarbeitet. Völlig neu ist vom selben Verfasser das Kapitel über die medizinischen Höhlen- oder Röhrengucker, und besonders das über die Beugungserscheinungen, in dem vor allem die Arbeiten Strehls in übersichtlicher Weise dargestellt werden.

Fast ganz umgearbeitet sind ferner die von Erfle übernommenen Abschnitte, der darin die große Anzahl seiner eigenen Spezialuntersuchungen verarbeitet hat, so besonders — um nur einiges herauszugreifen — Kap. X: Die Prismen und Kap. XX: Das Fernrohr; hier fällt vor allem auf die klare und anschauliche Behandlung der Spiegelung an Umkehrprismen. Ein tragisches Geschick hat den Verfasser die Früchte seiner hervorragenden Arbeiten nicht mehr erleben lassen.

Trotz einiger Lücken, die sich wohl kaum völlig vermeiden lassen, ist das mit großer Sorgfalt vervollständigte Namensverzeichnis zu begrüßen, das nach der ersten Veröffentlichung durch v. Rohr auf den vierfachen Umfang angewachsen ist.

Zusammenfassend sei nochmals hervorgehoben: eine verdienstvolle Arbeit der bewährten Verfasser, eine für den wissenschaftlichen Optiker unerschöpfliche Fundgrube praktischer und theoretischer Anregung. Möchte das Werk auch eine seinem hohen Wert entsprechende Verbreitung finden! Linnemann.

E. Marx, Röntgenstrahlen, Radium und die Materie. (Zellenbücherei Nr. 68.) 8°. 81 S. mit 6 Abbildungen auf 2 Tafeln. Leipzig, Dürr & Weber, m. b. H. 1923. M. 1.50.

Die kleine Schrift wendet sich an den Laien, um ihm jene Erscheinungsformen nahe zu bringen, die ihm deshalb ganz besonders interessant und geheimnisvoll erscheinen, weil er kein Organ zu ihrer Wahrnehmung besitzt.

Über die Entdeckung der Kathodenstrahlen und ihrer Eigenschaften gelangen wir zur Entdeckung der Röntgenstrahlen. Die Impulstheorie derselben wird gestreift und entsprechend unserer heutigen Auffassung werden sie als Lichtwellen gedeutet. Es folgt Technisches über Röntgenröhren und Herstellung harter und weicher Strahlen und Aufnahmen. Um das Wesen der charakteristischen Röntgenstrahlung zu erläutern, werden akustische Resonanzerscheinungen als Gleichnis herangezogen. Die Ionisation durch Röntgenstrahlen wird an Hand der bekannten Wilsonschen Nebelaufnahmen behandelt, von denen die Tafeln einige recht gut wiedergeben. Die Entdeckung der Röntgeninterferenzen erläutern Aufnahmen nach der Laue- und Bragg-Methode in guter Reproduktion. Die Ver-

schiedenartigkeit der radioaktiven Strahlungen und ihre Ursache, der Atomzerfall, die Umwandlungen und ihre Gesetze werden besprochen und durch eine Tabelle dem Verständnis nahe gebracht. Dann wird der Leser mit den Versuchen Rutherfords über den Durchgang von α-Strahlen durch Materie und seine künstlich erzwungene Atomzertrümmerung, mit Astons Untersuchungen über die Isotopen und mit unseren heutigen Vorstellungen vom Aufbau der Materie bekannt gemacht und das alte Alchimistenproblem, unedles Metall in Gold zu verwandeln, wird gestreift.

Das Büchlein bietet vieles, was heute jeder Gebildete wissen sollte, auf wenig Raum und in leicht faßlicher Form. Hans Küstner.

Henri Poincaré, La Mécanique Nouvelle. Conférence, mémoire et note sur la theorie de la relativité. XVI u. 81 S. Paris, Gauthier-Villars. 1924.

Fast gleichzeitig mit der berühmten, die Relativitätstheorie begründenden Abhandlung Einsteins aus dem Jahre 1905 erschien in den Rendiconti del Circolo Mathematico di Palermo, eine Arbeit von Henri Poincaré unter dem Titel: Sur la dynamique de l'électron. In dieser auf der Lorentzschen Elektrodynamik bewegter Körper fußenden Abhandlung formulierte Poincaré unabhängig von Einstein das Relativitätsprinzip, erkannte die Gruppeneigenschaft der Lorentz-Transformation, leitete das Additionstheorem der Geschwindigkeiten ab und empfahl die vierdimensionale Darstellung der Raum—Zeitgesamtheit. Die Ideen, die zur Relativitätstheorie führen mußten, lagen eben damals in der Luft und wurden in verschiedenen Ländern gleichzeitig und unabhängig voneinander aufgegriffen und der geistigen Einstellung des betreffenden Forschers entsprechend bearbeitet. Hätte Poincaré den revolutionären Mut Einsteins besessen, die Lorentzsche Ortszeit mit der Zeit schlechtweg zu identifizieren, so würde der Schöpferruhm der Relativitätstheorie beiden Gelehrten in gleicher Weise gebühren.

Die vorliegende Broschüre enthält einen Neudruck dieser historisch sehr interessanten Abhandlung Poincarés sowie einer in den Comptes Rendues publizierten Note, die kurz vor der grundlegenden Abhandlung Einsteins erschienen ist und zum ersten Male das Postulat der Relativität erwähnt. Den beiden Aufsätzen vorangestellt ist eine Konferenz, die Poincaré 1909 auf dem Kongreß der Association Française in Lille hielt, und die eine überaus lebendige Darstellung der Krise gibt, in die die klassische Mechanik durch den Relativitätsgedanken gebracht wurde.

Thirring.

P. Günther, Tabellen zur Röntgenspektralanalyse. gr. 8°. 61 S. mit 4 Abbildungen. Berlin, Julius Springer. 1924. M. 4.80.

Die tabellarischen Zusammenstellungen dieses Buches wenden sich vor allem an den Chemiker, um ihm die Auswertung eines linienreichen Röntgenspektrums ohne große Rechenarbeit zu ermöglichen. Vorausgeschickt ist eine kurze Einführung in die Grundbegriffe der Röntgenspektroskopie; sie wird aber auch den, der sich etwa nur „nebenamtlich" mit diesem Gebiete beschäftigen will, nicht von der Verpflichtung befreien können, ein ausführlicheres Werk zu Rate zu ziehen.

Den größten Teil des Büchleins füllt eine sorgfältige Zusammenstellung aller Röntgenspektrallinien und Absorptionskanten, mit der Angabe der Wellenlängen, des Elementes, dem sie angehören, und — bei den stärksten Linien — der Reflexionswinkel für die gebräuchlichsten Kristalle. Abweichend von der sonst üblichen Ordnung nach Serien sind hier, entsprechend dem besonderen Zweck der Tabelle, alle Linien eingereiht nach wachsenden Wellenlängen, und zwar findet man auch die Linien in zweiter und dritter Reflexionsordnung eingeordnet mit den „scheinbaren" Wellenlängen, wie sie sich unmittelbar bei einer photographischen Aufnahme ergeben. Wo es sich also darum handelt, sich rasch und bequem über das Spektrum eines unbekannten Gemisches zu orientieren, wird diese Zusammenstellung sicher gute Dienste leisten können. Für den Physiker allerdings bietet eine derartige Anordnung wohl selten besondere Vorteile. Bedauerlich ist es, daß den Berechnungen offenbar nicht immer die besten und neuesten Werte der Wellenlängenmessung zugrunde gelegt wurden; denn ohne eine ziemlich erhebliche Genauigkeit dürfte es überhaupt kaum möglich sein, mittels Röntgenspektren die Analyse eines vollkommen unbekannten Gemisches auszuführen. Recht problematisch sind die Angaben über die Intensitäten der Linien, die teilweise auf unsicheren Schätzungen beruhen, teilweise aber auch — in der K-Serie wird das Verhältnis $\alpha_1 : \alpha_2$ stets mit 10:8 angegeben — den vorliegenden Messungen nicht entsprechen.

Angefügt sind noch einige Tabellen, die dem Siegbahnschen Buche „Spektroskopie der Röntgenstrahlen" entnommen sind, so daß hier auf knappem Raume das wichtigste Zahlenmaterial dieses Gebietes vereinigt ist. Kulenkampff.

Personalien.

(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Der a. o. Prof. der Mathematik an der Universität Rostock Dr. Ernst Pohlhausen zum ord. Professor ebenda, der Privatdozent an der Universität Jena Dr. Georg Joos zum nichtplanmäßigen a. o. Professor ebenda, der Professor der anorganischen Chemie an der Technischen Hochschule Trondhjem Dr. O. E. Collenberg zum ord. Professor für Chemie an der Universität Lund, der Instruktor der anorganischen Chemie an der Staatsuniversität von Iowa Dr. J. L. Whitman zum Professor der Physikalischen Chemie daselbst (an Stelle von D. H. Cameron, der zur Celite Products Co. in Los Angelos übergetreten ist), der Professor an der Universität von Aberdeen A. Findley zum stellvertretenden Professor der Chemie an der Stanford Universität California.

Verliehen: Dem Dozenten der Chemie am Polytechnikum Cöthen Dr. Philipp Fischer die Amtsbezeichnung Professor.

Ehrung: Der a. o. Professor der Physik an der Universität Berlin und Mitdirektor des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Chemie in Dahlem Dr. Otto Hahn wurde zum ord. Mitglied der Physikalisch-mathematischen Klasse der Preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin ernannt.

Gestorben: Der Honorarprofessor der Mathematik an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Georg Wallenberg, der emer. o. Professor für elektrische Anlagen und Bahnen an der Technischen Hochschule Hannover Geh. Regierungsrat Dr. Carl Helm, der Dekan der chemischen Abteilung der Georgia School of Technology Dr. Wm. Emerson.

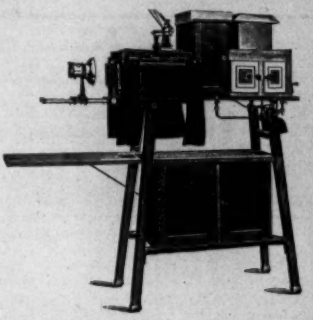
Für die Schriftleitung verantwortlich Prof. Dr. F. Harms in Würzburg. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

Max Kohl A.G. Chemnitz (4)

Physikalische Apparate

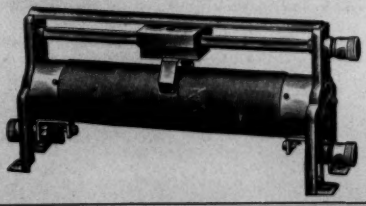
Funken-Induktoren
Ölluftpumpen
Experimentier-Schalttafeln
Projektions-Apparate
Laboratorienmöbel
in gediegener Ausführung.

Weltausstellung Brüssel: 4 Große Preise;
Turin: 2 Große Preise; Dresden: Großer Preis.



Kohls Megadiaskop. Projektions-Apparat für alle im Unterricht gebräuchlichen Projektionsarten, z. B. für durchfallendes Licht, für auffallendes Licht, für Mikroprojektion, Spektral-, Polarisations-Interferenzerscheinungen usw.

PHYWE - **Gleitwiderstände**



Absolut zuverlässig
Denkbar einfach — Unerreicht billig
Verlangen Sie Liste PZW.

Physikalische Werkstätten A.-G.
Göttingen

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG

ISOTOPE

von **Prof. Dr. F. W. Aston, Cambridge.**

Autorisierte Übertragung ins Deutsche von Dr. Else-Norst-Rubinowicz.
IX u. 162 S. mit Register. Mit 21 Figuren im Text, 4 Tafeln und einem Bildnis des Verfassers.
Geh. G.-M. 4.—, Schw. Fr. 5.—, geb. G.-M. 6.—, Schw. Fr. 7.50.
Aus dem Inhalt: Einleitung: Die Hypothesen von Dalton und Prout. Die Meta-Elemente. Die Entdeckung der Isotopen / Die radioaktiven Isotopen / Kanalstrahlen / Neon / Der Massenspektrograph / Zerlegung der Elemente / Die elektrische Theorie der Materie / Isotope und Atomnummern / Die Spektra der Isotopen / Die Trennung der Isotopen.

Pfeiffer's

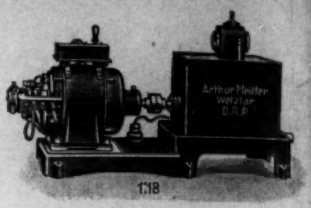
1:20

Quecksilber-Dampfstrahlpumpe ganz aus Stahl D. R. P. angem.

15 Liter bis zum Aussetzen jeder Entladung in 10 Sek. vom Vorvakuum ab.

Listen von Abt. H anfordern.

Vgl. Techn. Physik, 1922, Heft 12. Phys. Ztschr. 1922, pag. 463.



1:18

Rotierende Öl-Luftpumpe D.R.P.

Hochvakuum-Pumpen, Vakua bis $^1/_{1\,000\,000}$ mm Hg.
Saugleistung bis 120 cbm per Stunde

Photometer aller Systeme

Öl-Prüfapparate, Schnellviskosimeter usw.

Funken-Induktoren bis 1000 mm Funkenlänge

Oscillographen

Arthur Pfeiffer

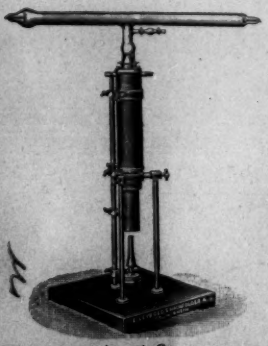
Wetzlar 8

Telegr. Vakupfeif. — Tel. 85 u. 86.

Neue Hochvakuum-Diffusions-Pumpe aus Metall

nach Prof. Gaede

D.R.P. und Auslandspatente



1/12 nat. Gr.

Saugleistung: 15 Liter per Sek.

Vorvakuum: 20 mm

„Vergl. Zeitschrift für Technische Physik, Jahrg. 1923, Nr. 10"

Alleinige Hersteller

E. Leybold's Nachfolger A.-G.

Köln a/Rhein, Brüderstr. 7

Sonderliste auf Wunsch

Für den Anzeigenteil verantwortlich S. Hirzel in Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.